

PENGARUH PENGURAIAN SAMPAH TERHADAP KUALITAS AIR DITINJAU DARI PERUBAHAN SENYAWA ORGANIK DAN NITROGEN DALAM REAKTOR KONTINYU SKALA LABORATORIUM

Bambang Iswanto, Widyono Astono, Sunaryati.

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti
Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta 11440

E-mail: biswanto@trisakti.ac.id, widya_85@yahoo.com, aya_ok04ok@yahoo.com

Abstrak

Di dalam badan air sering terdapat sampah yang merupakan permasalahan lingkungan akibat dari sampah yang menumpuk di badan air dan berakibat menurunnya kualitas air serta mempengaruhi pada kehidupan biota perairan, oleh karena itu secara bertahap dalam penelitian ini ingin mengkaji dari awal hubungan antara dekomposisi sampah yang ada di badan air terhadap perubahan kualitas air dengan skala laboratorium. Dekomposisi merupakan proses yang dinamis dan sangat dipengaruhi oleh keberadaan dekomposer baik jumlah maupun diversitasnya. Sedangkan keberadaan dekomposer sendiri sangat ditentukan oleh faktor-faktor lingkungan baik kondisi kimia, fisika maupun biologi. Dekomposisi bahan organik menghasilkan bahan organik terlarut yang diukur sebagai COD, BOD, amoniak dan nitrogen organik. Dilihat dari hasil pengukuran nilai C/N pada sampah yaitu 14,56. Hal ini menunjukkan bahwa sampah tersebut lebih cepat terdegradasi oleh mikroorganisme. Pada titik sampling pertama yaitu di titik sebelum melewati sampah di dapat nilai konstanta reaserasi (k_r) adalah 3,585 /hari, sedangkan pada titik sampling ke-2 yaitu di titik setelah melewati sampah di dapat nilai konstanta reaserasi (k_r) adalah 6,467 /hari, hal ini menunjukkan Adanya oksigen menyebabkan proses oksidasi aerobik dapat berlangsung. Nilai konstanta laju penguraian BOD₅ adalah 0.7414 dan untuk DO nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0.8479. Sedangkan untuk Nitrogen nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0.5148 serta nilai COD memiliki nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0.7076. Dari hasil pengamatan selama 24 hari terlihat bahwa sampah organik sudah habis terdegradasi pada hari ke-12 dan seterusnya sampai hari-hari terakhir larutan menjadi bening. Jadi secara fisik sampah terurai sampai hari ke-12 yaitu sampah terdegradasi menjadi partikel/zat organik. Dan selanjutnya zat organik akan dioksidasi dengan O₂ yang cukup banyak terlarut dalam air (proses aerob) menjadi asam organik, seterusnya akan terurai menjadi CO₂ dan H₂O.

Abstract

Influence of Solid Waste Degradation To Water Quality Observed from Change of Organic Compound and Nitrogen in Continual Reactor Scale of Laboratory. In river often there are garbage is problems of environment effect of garbage heaping in body irrigate and cause downhillly of him is quality of water, and also influencing at life of territorial water biota, therefore step by step in this research wish to study from early relation between garbage dekomposition which in body irrigate to change of quality irrigate with laboratory scale. Dekomposition is dynamic process and very influence by the existence of good dekomposer of him and amount of, while existence of dekomposer alone very determine by good environmental factors of chemical condition, biology and physics. Is seen from result measurement of value of C/N at garbage that is 14,56. This matter indicate that the the garbage quicker degradation by mikroorganism. At first sampling before passing garbage in earning value of konstanta reaserasi (k_r) is 3,585 /day, while at sampling second that is in after passing garbage in earning value of konstanta reaserasi (k_r) is 6,467 /day, this matter show the Existence of oxygen cause process oxidize aerobik can take place. Value of konstanta fast of decomposition of BOD₅ is 0.7414 and for DO assess konstanta fast of reaction (k) equal to 0.8479. While for Nitrogen assess konstanta fast of reaction (k) equal to 0.5148 and also assess COD have value of konstanta fast of reaction (k) equal to 0.7076. Thus by physics garbage ravelled until day of to-12 that is garbage of terdegradasi become particle / an organic matter. And here in after an organic matter will oxidize with O₂ which quite a lot dissolve in water (process aerob) becoming organic acid, further will ravelled to become CO₂ and of H₂O

Keywords : biodegradation, mass balance, transfer mass oxygen

1. Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan karena permasalahan penurunan kualitas air, yang disebabkan oleh sampah yang masuk ke badan air. Sampah akan mengalami proses dekomposisi dalam badan air oleh bakteri aerob menggunakan oksigen yang terlarut dalam air. Reaksi umum yang mungkin berlangsung sangat kompleks, yang disederhanakan dalam persamaan reaksi sebagai berikut :



Dalam hal ini, bahan organik ($C_xH_yO_z$) bereaksi dengan oksigen terlarut dalam air. Bila kadar oksigen terlarut dalam air lebih rendah dari kadar jenuhnya, maka akan terjadi perpindahan oksigen dari udara ke air. Oleh karena itu, dalam proses biodegradasi bahan organik dalam air, terjadi dua proses simultan yaitu reaksi kimia dan perpindahan massa dari udara ke air [1].

Bila kadar bahan organik dalam air sangat tinggi, maka kecepatan reaksi kimia akan sangat besar, sehingga kecepatan pemakaian oksigen akan lebih tinggi dari kecepatan perpindahan oksigen dari udara. Akibatnya kadar oksigen terlarut dalam air akan turun dan berarti kualitas airnya menurun [2]. Selain itu bahan organik juga dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan dan penurunan asupan oksigen sehingga badan air menjadi anaerob dan juga dapat memperlambat laju aliran air karena terhambat oleh sampah yang menggenang di air, oleh karena itu dalam penelitian ini ingin mengkaji dari awal hubungan antara dekomposisi sampah yang ada di dalam air terhadap perubahan kualitas air dengan reaktor kontinue skala laboratorium.

Tujuan penelitian ini untuk mengukur pengaruh sampah organik terhadap kualitas air dan penelitian ini dilakukan analisis terhadap parameter fisik dan kimia ; Suhu, Kekeruhan, DHL, pH, COD, DO, BOD₅, TKN (*Total Kjeldah Nitrogen*), Amonium, Nitrit, Nitrat. Mengukur laju degradasi sampah organik kaitannya dengan oksigen dari udara ke dalam air (DO).

2. Metode Penelitian

Bahan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel sampah yang berasal dari permukiman *low income* yang dibuat berdasarkan komposisi sampah dan sampel air keran laboratorium. Alat yang digunakan adalah reaktor kontinyu dan bak penampungan air, serta pompa (0,55 L/dtk) untuk mensirkulasi air (Gambar 1).

Cara Kerja. Tahapan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Lingkungan adalah :

1. Perancangan dan pembuatan alat uji coba reaktor sesuai skala laboratorium. Reaktor ini dilengkapi dengan pompa untuk mengalirkan air yang digunakan untuk mensirkulasi air.
2. Pembuatan sampel sampah yang dibuat berdasarkan komposisi sampah. Sebelum digunakan untuk penelitian, sampah di analisis kadar C/N pengukuran di lakukan di laboratorium dengan metode gravimetri untuk C dan kjeldhal untuk N.
3. Pengambilan sampel air. Sampel air yang diambil berasal dari air keran yang berada di laboratorium lingkungan.
4. Pengoperasian reaktor dengan mengalirkan air di bak penampungan ke dalam reaktor.
5. Melakukan pengukuran Kekeruhan, Suhu, DHL, pH, DO, BOD₅, COD, Amonium, Nitrit, Nitrat dan Total nitrogen.
6. Mengamati dan menganalisis proses biodegradasi bahan organik yang terjadi di dalam reaktor. Dengan melakukan perhitungan Transfer Massa O₂ ke air, Laju dekomposisi sampah organik, Reaksi Organik + O₂.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Rasio C/N Sampah Awal. Nilai C/N sampah diukur sebelum sampah dimasukkan ke dalam reaktor untuk mengetahui kandungan C dan N yang terdapat pada sampah yang dibuat sebelum melakukan penelitian. Dari hasil pengukuran C=41,2% dan N=2,83% sehingga hasil C/N sampah awal sebesar 14,56.



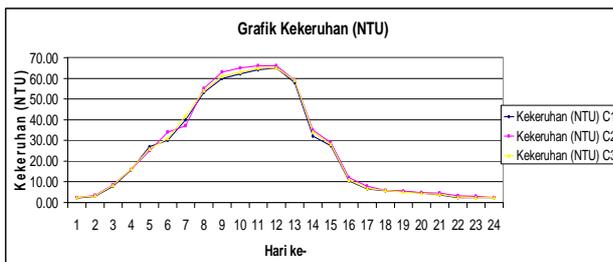
Keterangan :

Panjang reaktor: 200 cm
 Lebar reaktor : : 30 cm
 Tinggi reaktor : 15 cm
 Ketinggian air di bak reaktor = 10 cm
 Debit air di pipa 1 = 0,35L/s
 Debit air di pipa 2 = 0,2 L/s
 Debit pompa air = 0,55 L/s

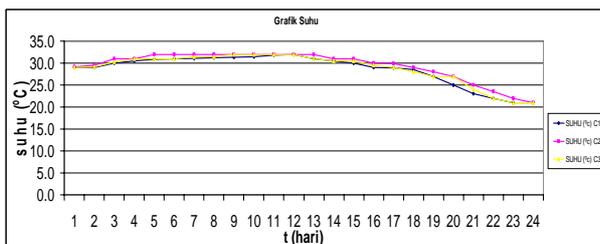
Gambar 1. Reaktor kontinyu, bak penampungan air, serta pompa

Hasil Analisis Parameter Fisik. Dari hasil pengamatan selama 24 hari terlihat bahwa sampah organik sudah habis terdegradasi menjadi partikel/zat organik pada hari ke-12 dan seterusnya sampai hari-hari terakhir larutan menjadi bening. Selanjutnya zat organik akan teroksidasi menjadi asam organik, seterusnya akan terurai menjadi CO_2 dan H_2O .

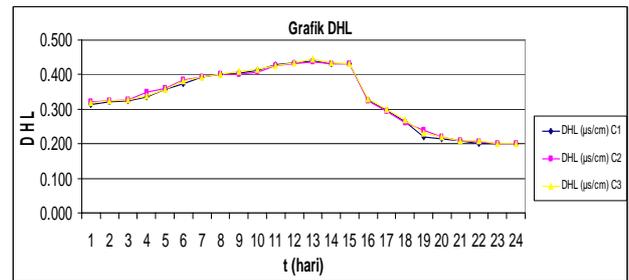
- Kekeruhan.** Besarnya konsentrasi kekeruhan di dalam reaktor tiap harinya cenderung mengalami peningkatan selama proses degradasi berlangsung, nilai kekeruhan berkisar antara 2,3 – 66 NTU. (Gambar 2). Nilai kekeruhan mulai tinggi pada hari ke-12, hal ini terjadi karena adanya penambahan oksigen dari sirkulasi air sehingga mikroorganisme dapat mengoksidasi bahan-bahan organik yang menyebabkan air menjadi keruh. Oleh karena itu secara fisik kekeruhan paling tinggi terlihat pada hari ke-12.
- Suhu.** Berdasarkan hasil pengukuran selama 24 hari terlihat bahwa suhu air di titik pengamatan berkisar antara 29°C – 32°C (Gambar 3). Degradasi sampah pada hari ke-12 juga ditunjukkan dengan naiknya suhu sampai hari ke-12, selanjutnya suhu akan menurun setelah hari ke-12 karena bahan organik yang ada di dalam reaktor semakin habis terdegradasi sehingga aktivitas mikroorganisme berkurang.
- DHL (Daya Hantar Listrik).** Dari hasil pengukuran didapatkan nilai DHL berkisar antara 0,314 – 0,445 $\mu\text{s/cm}$. Dari hasil pengukuran dari awal sampai hari ke-13 nilai DHL cenderung naik.



Gambar 2. Grafik hasil pengukuran kekeruhan



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran suhu

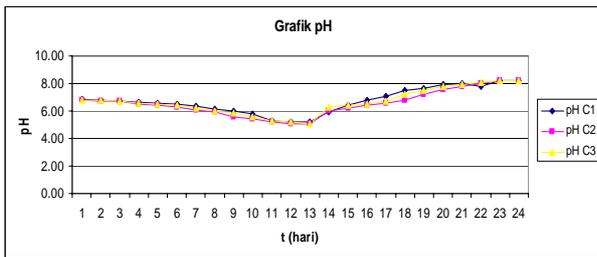


Gambar 4. Grafik hasil pengukuran DHL

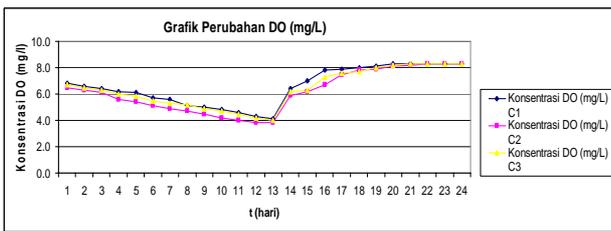
Nilai DHL pada hari ke-13 menunjukkan masih ada penguraian zat organik menjadi asam organik sehingga DHL naik sampai hari ke-13. Selanjutnya pada hari ke-14 sampai hari seterusnya mengalami penurunan (Gambar 4).

Hasil Analisis Parameter Kimia. Hasil analisis adalah sebagai berikut :

- pH (Derajat Keasaman).** Hasil pengukuran selama 24 hari, terlihat bahwa besarnya nilai pH berkisar antara 6,8 – 8,2. Dan hasil pengukuran dari awal sampai hari ke-13 cenderung menurun atau kondisi badan air mulai bersifat asam (Gambar 5). Hal ini menunjukkan adanya kegiatan mikroorganisme yang menguraikan bahan organik yaitu karbohidrat diuraikan menjadi glukosa dan glukosa diuraikan lagi menjadi asam organik, menghasilkan karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Sedangkan pada hari ke-14 dan seterusnya terjadi penguraian asam organik menjadi CO_2 dan H_2O dengan demikian berkurangnya asam organik, maka pH akan naik.
- Oksigen Terlarut (DO).** Hasil pengukuran DO di dalam reaktor selama 24 hari, terlihat bahwa besarnya nilai DO berkisar antara 3,8 – 8,3 mg/l. Dari awal pengukuran sampai hari ke-13 cenderung menurun, oksigen terlarut turun pada hari ke-13 dengan konsentrasi 3,8 mg/l setelah keluaran dari saringan sampah. Hal ini disebabkan karena adanya aktifitas mikroorganisme yang mengoksidasi bahan-bahan organik, sehingga mikroorganisme banyak membutuhkan oksigen. Jika konsentrasi oksigen terlarut sudah terlalu rendah, maka mikroorganisme aerobik tidak dapat hidup dan berkembang. Selanjutnya pada hari ke-14 sampai dengan seterusnya nilai DO mengalami peningkatan (Gambar 6). DO mengalami peningkatan disebabkan karena kandungan oksigen terlarut di suatu badan air terutama dipengaruhi oleh adanya terjunan dalam proses ini berarti terjadi aerasi.

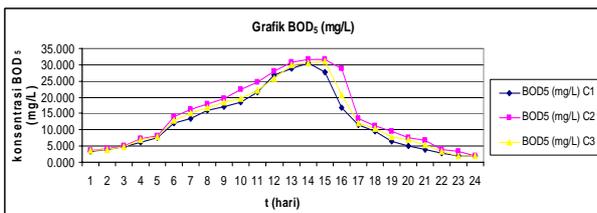


Gambar 5. Grafik hasil pengukuran pH

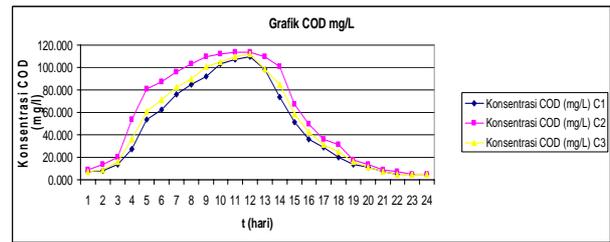


Gambar 6. Grafik hasil pengukuran konsentrasi DO

3. **BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand)**. Dari hasil pengukuran selama 24 hari, terlihat bahwa besarnya konsentrasi BOD₅ berkisar antara 2,026 -31,746 mg/l. Dari awal sampai dengan hari ke-16 cenderung naik dan besarnya konsentrasi BOD₅ tertinggi di dapat pada hari ke-16 terletak setelah keluaran saringan sampah sebesar 31,746 mg/l. (Gambar 7). Pada hari ke-12 sampai dengan hari ke-16 kenaikan BOD₅ ada perbedaan semakin kecil ini menunjukkan bahwa zat organik sebagai nutrisi mikroorganisme masih cukup dipakai untuk kehidupan mikroorganisme. Hal ini menunjukkan adanya bahan organik yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme sehingga diperlukan sejumlah oksigen untuk menguraikan bahan organik tersebut. Selanjutnya, nilai BOD₅ berangsur menurun setelah hari ke-24 sampai dengan hari-hari terakhir. Nilai berangsur menurun dengan bertambahnya waktu karena bahan organik berangsur terurai oleh mikroorganisme yang ada di dalam reaktor.



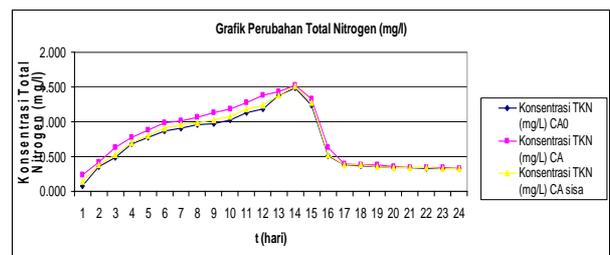
Gambar 7. Grafik hasil pengukuran konsentrasi BOD₅



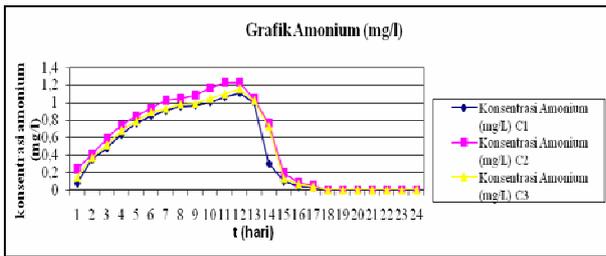
Gambar 8. Grafik hasil pengukuran konsentrasi COD

4. **COD (Chemical Oxygen Demand)**. Berdasarkan hasil pengukuran selama 24 hari nilai COD berkisar antara 4,601 - 113,970 mg/l (Gambar 8). Hasil pengukuran nilai COD dari awal cenderung naik sampai hari ke-12. Dilihat dari grafik pada hari ke-12, zat organik dan asam organik hasil degradasi dari mikroorganisme mencapai nilai tertinggi. Hal ini dimungkinkan banyaknya oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mempengaruhi kinerja mikroorganisme di dalam air dalam melakukan perombakan-perombakan pada senyawa-senyawa organik secara kimiawi. Dan selanjutnya setelah hari ke-12 nilai COD berangsur menurun sampai hari-hari terakhir, dengan bertambahnya waktu karena terjadi penguraian asam organik menjadi CO₂ dan H₂O dengan demikian berkurangnya asam organik.

5. **TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)**. Nilai total nitrogen berkisar antara 0,0767 – 1,53 mg/l. Pada awal pengukuran besarnya konsentrasi total nitrogen cenderung naik sampai hari ke-14, dan selanjutnya mulai turun setelah hari ke-14 sampai dengan hari-hari terakhir karena berkurangnya asam organik di dalam air. Pada hari ke-1 nilai TKN sudah ada, hal ini dimungkinkan dari hasil degradasi sampah organik menjadi zat organik sudah mulai terjadi dan zat organik tersebut mengandung nitrogen. Dan pada hari ke-14 merupakan nilai tertinggi dari TKN. Selanjutnya setelah hari ke-14 TKN mulai berkurang atau habis terdegradasi.



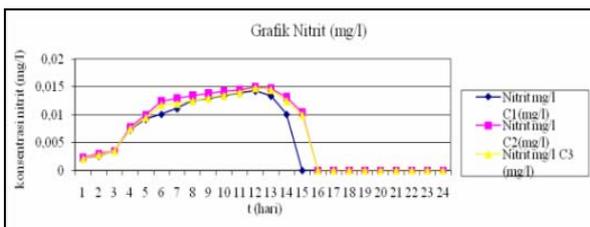
Gambar 9. Grafik hasil pengukuran konsentrasi TKN



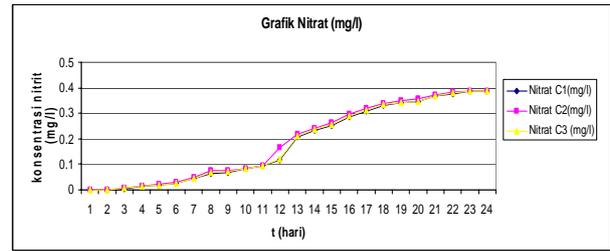
Gambar 10. Grafik hasil pengukuran konsentrasi amonium

6. **Ammonium (NH₄⁺).** Dari hasil pengukuran nilai ammonium berkisar antara 0,002 – 1.229 mg/l (Gambar 10). Hasil pengukuran nilai ammonium dari awal berkecenderungan naik sampai hari ke-12. Pada hari ke-12 merupakan konsentrasi tertinggi dari amonium, selanjutnya setelah hari ke-12 dan seterusnya konsentrasi amonium mulai turun. Dari grafik dapat kita lihat bahwa kenaikan konsentrasi ammonium, terjadi karena adanya penguraian-penguraian zat organik oleh mikroorganismenya dan pada hari ke-12 zat organik mulai sedikit sampai hari ke-16 sehingga aktivitas mikroorganismenya di dalam reaktor berkurang. Dari awal sampai hari terakhir pengukuran, konsentrasi yang didapat kecil, hal ini menunjukkan bahwa bahan organik yang terurai oleh mikroorganismenya memiliki kandungan nitrogen yang rendah, hal ini dapat dilihat dari hasil analisis C/N.

7. **Nitrit.** Dari hasil pengukuran nilai nitrit berkisar antara < 0,0021 – 0,015 mg/l. Hasil pengukuran nilai nitrit dari awal berkecenderungan naik sampai hari ke-12, Pada hari ke-12 merupakan konsentrasi tertinggi dari nilai nitrit, dan selanjutnya setelah hari ke-12 nilai nitrit mulai menurun. Hal ini menunjukkan bahwa Nitrogen nitrit mulai naik dengan adanya reaksi pertumbuhan mikroorganismenya dalam air, sedangkan nitrit mulai berkurang jika tidak ada aktivitas mikroorganismenya di dalam air. Bentuk nitrit adalah peralihan dari bentuk ammonia menjadi nitrat pada proses nitrifikasi. Dan biasanya nitrit sangat mudah dan cepat berubah menjadi nitrat.



Gambar 11. Grafik hasil pengukuran konsentrasi nitrit



Gambar 12. Grafik hasil pengukuran konsentrasi nitrat

8. **Nitrat (NO₃).** Dari hasil pengukuran nilai nitrat berkisar antara 0,005 – 0,387 mg/l. Dilihat dari grafik diatas dari awal pengukuran sampai hari-hari terakhir nilai nitrat cenderung naik terus. Hal ini ditunjukkan dengan hasil degradasi nitrogen dalam organik terjadi pada hari ke-2 selanjutnya nitrogen yang ada tersebut dari proses nitrifikasi menjadi nitrat, akan terlihat pada hari ke-3. Selanjutnya nitrat terus meningkat karena dalam keadaan oksidasi unsur N akan dominan nitrat [3].

Hasil Perhitungan Konstanta Reaerasi. Dengan menggunakan rumus :

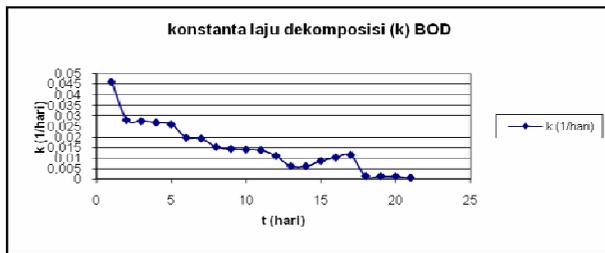
$$k_r = \frac{3,9.V^{0,5}}{H^{1,5}}$$

diperoleh hasil perhitungan nilai konstanta reaerasi (k_r) sebelum melewati sampah adalah 3,585/hari, sedangkan hasil konstanta reaerasi (k_r) setelah melewati sampah adalah 6,467/hari. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan oksigen di dalam air sangat dibutuhkan oleh mikroorganismenya untuk melakukan aktivitasnya. Adanya oksigen menyebabkan proses oksidasi reaktor dapat berlangsung, bahan reaktor akan di ubah menjadi produk-produk akhir yang reaktor stabil dan sisanya akan disintesis menjadi mikroba baru [4].

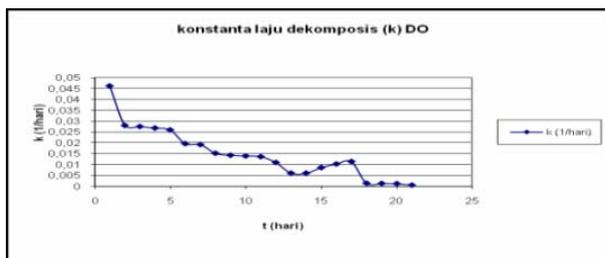
Hasil Perhitungan Konstanta Laju Dekomposisi (k). Dengan menggunakan rumus :

$$t = \frac{1}{k} \left[\left(\frac{C_1}{C_2} - 1 \right) \right]$$

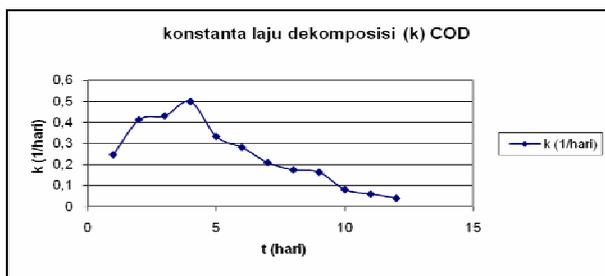
diperoleh hasil perhitungan konstanta laju dekomposisi untuk BOD₅ nilai (k) = 0.7414, dan untuk DO (k) = 0.8479 sedangkan untuk Nitrogen nilai (k) = 0.5148 serta nilai COD nilai (k) = 0.7076. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya konstanta laju dekomposisi bahan reaktor dipengaruhi waktu karena adanya proses penguraian yang terjadi di dalam reaktor (Gambar 13, 14, 15, 16)



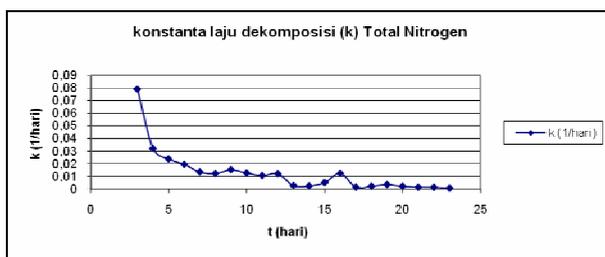
Gambar 13. Konstanta laju dekomposisi (k) BOD₅



Gambar 14. Konstanta laju dekomposisi (k) DO



Gambar 15. Konstanta Laju Dekomposisi (k) COD



Gambar 16. Konstanta laju dekomposisi (k) total Nitrogen

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Hasil pengukuran nilai C/N pada sampah awal yaitu 14,56. Hal ini menunjukkan bahwa sampah tersebut sangat cepat terdegradasi oleh mikroorganisme. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa semua bahan organik yang memiliki nilai C/N kurang dari 20 lebih cepat melepas nitrogen ke dalam air sehingga lebih cepat terdekomposisi, sedangkan nilai C/N lebih dari 30 lebih susah terdekomposisi karena tertahannya nitrogen
2. Berdasarkan hasil perhitungan konstanta reaerasi (k_r) sebelum melewati sampah adalah 3,585/hari dan besarnya konstanta reaerasi setelah melewati sampah adalah 6,467/hari. Hal ini menunjukkan kenaikan DO yang signifikan.
3. Berdasarkan hasil perhitungan konstanta laju dekomposisi untuk BOD₅ nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0.7414, dan untuk DO nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0.8479. Sedangkan untuk Nitrogen nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0.5148 serta nilai COD memiliki nilai tetapan laju reaksi (k) sebesar 0.7076. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya konstanta laju dekomposisi bahan organik dipengaruhi waktu karena adanya proses penguraian yang terjadi di dalam reaktor.

Daftar Acuan

- [1] Moriber, G., Environmental Science, Allyn and Bacon. Inc, Boston, 549p, 1974.
- [2] Wahyudi B.S, Pemodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia, Andi Offset Yogyakarta, 1997.
- [3] Thibodeaux, Louis J., Environmental chemodynamics; movement of chemical in air, water and soil.-2nd ed, 1995.
- [4] Saunder, G.W., Organic matter and Decomposers. In The Functioning of Freshwater Ecosystem Eds.by E.D. Le Cren and R.H. Lowe-Mc. Connell. Cambridge University Press. 588 p, 1980.