

LAJU DEGRADASI KARBON ORGANIK SINTESIS DENGAN MODEL SUNGAI SKALA LABORATORIUM

Tuahta Tarigan

ABSTRAK

Model sungai (river model) dengan skala laboratorium telah digunakan untuk melihat perilaku pencemaran di sistem sungai, diantaranya untuk mengetahui nilai konstanta degradasi (K) pencemar tersebut. Pada penelitian ini digunakan model sungai dengan tujuan untuk mengetahui sifat perilaku dan interaksi bahan pencemar dengan mikroorganisme, khususnya terhadap biodegradabilitas limbah organik. Instalasi model sungai dioperasikan dengan pembebanan limbah organik sintesis (ditentukan dengan nilai BOD; Biological Oxygen Demand) dan biakan mikroorganisme sampai kondisi tunak (Steady State). Setelah kondisi tunak tercapai, maka dilakukan pengukuran konsentrasi pH, DO (Oksigen terlarut), NH₄-N (Amonia Nitrogen), NH₂-N (Nitrogen Nitrit) dan NO₃-N (Nitrogen Nitrat). Hasil penelitian menunjukkan nilai karbon organik (COD; Chemical Oxygen Demand) pada pembebanan konsentrasi BOD 60 mg/L dengan debit aliran (Q) sebesar 1 L/Jam dan waktu tinggal (T) 5 jam, tingkat efisiensi (E) mencapai 72,55 % dengan nilai konstanta laju degradasi (K) sebesar 0,2886 Jam⁻¹. Pada debit alir 2 L/Jam, nilai E dan K turun masing-masing 59.17 % dan 0,1946 Jam⁻¹.

Kata kunci : Laju Degradasi, Limbah Organik, Model sungai

ABSTRACT

DEGRADATION RATE OF ORGANIC CARBON FOR SYNTHESIS WITH RIVER MODEL IN LABORATORIUM SCALE. *River model on laboratory scale has been used to understanding pollution behaviour in river system, for instance to recognize their degradation rate constant (K). On this research, river model is used to get organic pollution degradation rate constant (K). Installation operated by loading of synthetic organic pollutant on 60 mg/L BOD loading. On the water flow (Q) 1 L/h and retention-time (T) 5 hours, the system can reduce COD from 81.44 mg/L to 22.35 mg/L, or efficiency level (E) 72.55 % (K = 0.2886 h⁻¹). Whereas Q 2 L/h and T 2.5 hours, COD 84.84 mg/L reduced to 34.64 mg/L, or E and K were 59.17 %, 0.1946 h⁻¹ respectively.*

Key words : Degradation rate, Organic waste, River model

PENDAHULUAN

Kegiatan ekonomi dan pertumbuhan penduduk telah memberi dampak negatif seperti pencemaran di perairan darat, diantaranya sungai. Diperkirakan limbah yang diterima oleh perairan darat banyak mengandung material pencemar nir-konservatif yang terdiri dari organik yang teroksidasi dan nutrien (Lohani, 1981).

Pada saat ini di Indonesia banyak instalasi pengolahan air minum mengguna-

kan air sungai sebagai sumber air baku. Karena itu, pengelolaan kualitas sungai adalah penting untuk dilakukan. Salah satu permasalahan yang biasa muncul pada sungai yang digunakan sebagai air baku ialah kehadiran senyawa-senyawa nitrogen yang terdiri dari nitrogen organik dan anorganik.

Daya dukung terhadap beban pencemar adalah kemampuan air pada suatu sumber untuk menerima masukan beban pencemar tanpa mengakibatkan air tersebut

* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

menjadi tercemar (PP No. 82/2001) Daya dukung terhadap degradasi pencemar merupakan perangkat kunci dalam pengendalian pencemar. Namun hingga saat ini, daya degradasi untuk perairan darat sebagai dasar upaya pengendalian pencemaran material organik yang teroksidasi dan nutrisi belum tersedia. Hal ini menyulitkan pengelola dalam pengawasan dan pembatasan beban buangan hingga batas daya tampung pencemar organik dan nutrisi di perairan darat.

Penggunaan model sungai (*river model*) dengan skala laboratorium telah dimanfaatkan untuk melihat perilaku pencemaran di sistem sungai, mengingat penelitian secara langsung (*insitu*) sukar dilakukan. Di Indonesia penggunaan model tersebut masih sedikit dilakukan, satu diantaranya dilakukan oleh Jalil (2002) yang mengamati peluruhan biologis pestisida.

Sementara itu, prediksi keluaran dari suatu model sungai (*river model*) dalam menerima beban pencemar sering kali menjadi bias pada saat memvalidasi model tersebut. Hal ini karena dalam tahap perhitungan prosesnya, nilai konstanta degradasi (*K*) masih merujuk angka-angka yang bersumber dari literatur.

interaksi bahan pencemar dengan mikroorganisme di sungai, khususnya terhadap tingkat peluruhan biologis (*biodegradability*)-nya limbah organik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Limnologi – LIPI. Jumlah reaktor yang digunakan 99 buah, masing-masing bervolume 50 ml (diameter 2 cm dan tinggi 13 cm). Pengukuran parameter dilakukan pada reaktor nomor 1, 15, 30, 45, 60 dan 99, dengan waktu tinggal (*T*; *retention time*) masing-masing sekitar 0, 1,5, 2,75, 3,25, 4,75 dan 5,00 jam.

Percobaan dilakukan pada kondisi aerobik dengan perubahan beban dan waktu tinggal, sedangkan tingkat beban rasio N (Nitrogen) dan P (Phosphorus) mengacu pada Tabel 1. Untuk mendapatkan kondisi aerobik dan pencampuran sempurna maka dialirkan oksigen ke dalam reaktor (aerator) sedangkan ke dalam reservoir menggunakan *system completely stirring tank reactors (CSTR)* (Gambar 1).

Pemantauan serta analisis kandungan organik yang teroksidasi dan nutrisi dilakukan pada titik-titik pengambilan contoh yang telah ditentukan. Dengan hasil panda-

Tabel 1. Penetapan Nilai BOD dengan NP Ratio

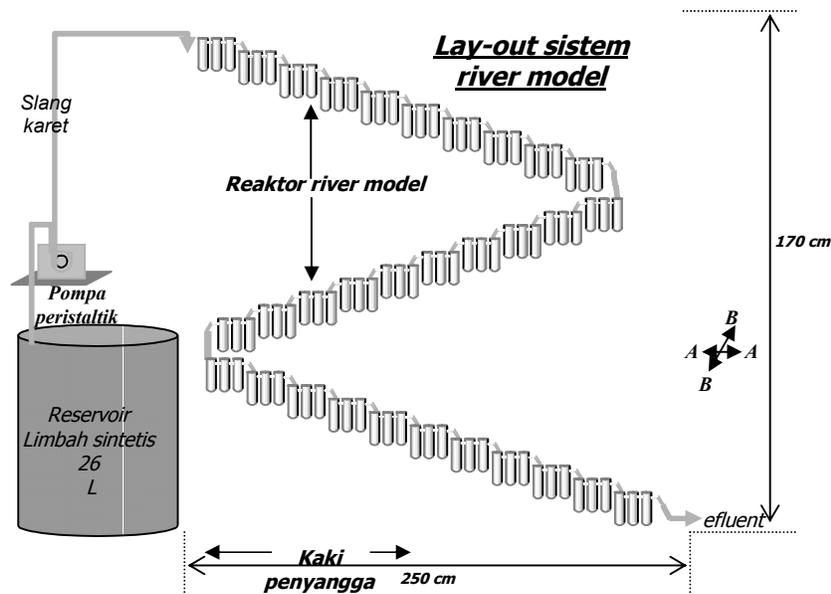
Tingkat Beban	(BOD/N/P) mg/L		
	BOD	N	P
1	60	3	1
2	60	4	2
3	60	5	3
4	60	10	6
5	60	15	9

Telah dilakukan penelitian pembebanan limbah organik sintesis pada satu instalasi model sungai dengan penetapan nilai BOD dan biakan mikroorganisme sampai kondisi tunak (*Steady State*). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat perilaku dan

taan tersebut dapat dikaji dan dikarakterisasi kecenderungan proses degradasi yang terjadi. Analisis kandungan material organik yang teroksidasi dan nutrisi dilakukan dengan metode standar (APHA-AWWA, 1995).

Proses laju degradasi material organik yang teroksidasi dan nutrien di badan air mengalir dilakukan pada skala laboratorium dengan laju alir atau debit (Q) 1 dan 2 L/jam (24 L per hari). Beban material pencemar yang dialirkan ke dalam reaktor (yang diteliti) menggunakan beban sintesis yang perbandingannya ditentukan dengan *Stoichiometri* (Tabel 2). Sedangkan analisis dilakukan setelah pada kondisi tunak (*Steady state*) saat mikroorganisme telah melewati masa aklimatasinya. Untuk

mengetahui kondisi tunak ini, yaitu kondisi COD (*Chemical Oxygen Demand*) hampir sama dalam lima kali pengukuran. Setelah tunak tercapai, maka dilakukan analisis terhadap karakteristik kualitas air yang meliputi parameter COD, BOD (*Biological Oxygen Demand*), pH, Oksigen Terlarut (DO), Amonia Nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), Nitrogen Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan Nitrogen Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$). Untuk menentukan nilai K ditentukan dengan persamaan Monod (Benfield, *et al* 1980).



Gambar 1 . Model Sungai dalam Skala Laboratorium dengan 99 reaktor.

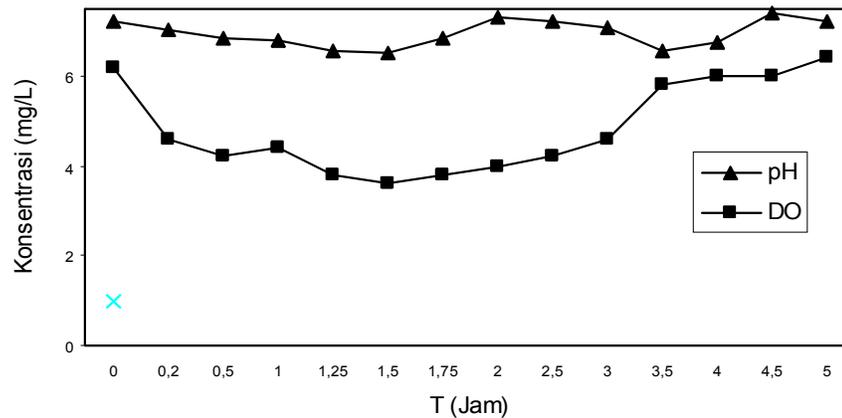
Tabel 2. Perbandingan Stoichiometri Bahan Limbah Sintetis pada berbagai Perlakuan

Perlakuan (Tingkat Beban)	(BOD/N/P) mg/L			Glukose	Na NO ₃	KH ₂ PO ₄	MgSO ₄ . 7H ₂ O	CaCl ₂ 2H ₂ O	Urea
	BOD5	N	P	mg	mg	mg	mg	mg	mg
1	60	72.00	24	1401.12	439.20	105.60	244.8	158.88	1080
2	60	96.00	48	1401.12	585.60	211.20	244.8	158.88	1440
3	60	120.00	72	1401.12	732.00	316.80	244.8	158.88	1800
4	60	240.00	144	1401.12	1464.00	633.60	244.8	158.88	3600
5	60	360.00	216	1401.12	2196.00	950.40	244.8	158.88	5400

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas air yang diukur secara *insitu* memiliki kadar oksigen terlarut (DO) berkisar 4 – 6 mg/L, pH 6,5 – 7,2 mulai dari inlet sampai dengan outlet dalam kisaran waktu (T) antara 0 – 5 jam (Gambar 2). Dengan $Q = 1\text{L/jam}$ dan $T = 5$ jam, pada pembebanan BOD 60 mg/L (perhitungan dengan *Stochiometri*), nilai

COD sekitar 82,83 (reaktor 1) turun menjadi 22,35 mg/L (reaktor 99) dan laju degradasi (K) = 0,2886 (Tabel 3; Gambar 3). Pada perubahan $Q = 2\text{L/Jam}$, COD inlet dan outlet masing-masing dari 84,84 mg/L turun menjadi 34,64mg/L dengan $K = 0,1946$. Efisiensi (E) degradasi COD untuk kedua perlakuan ($Q = 1$ dan 2L/Jam) masing-masing sebesar 72,55 % dan 59,17 % (Tabel 4; Gambar 4).



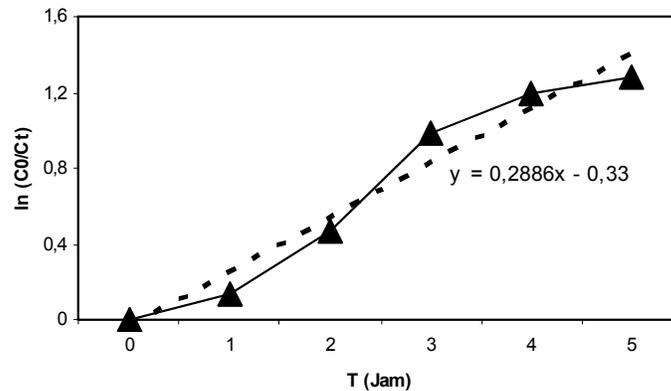
Gambar 2. Perubahan Konsentrasi DO dan pH Terhadap Waktu Tinggal (T)

Tabel 3. Hasil pengukuran COD pada perlakuan beban BOD 60 mg/L ($Q = 1\text{L/jam}$)

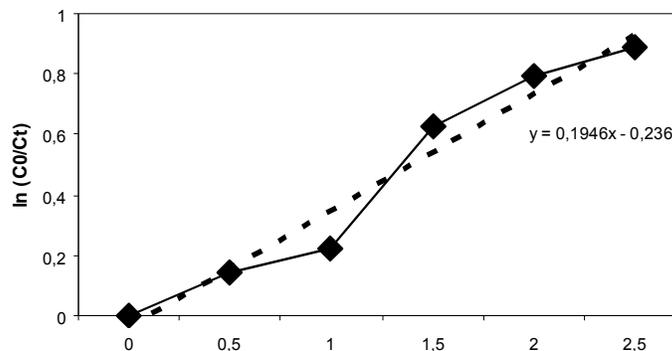
Ttk Sampling	Pengukuran							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	81.44	82.83	78.52	80.82	86.12	81.96	78.01	79.91
15	70.23	76.42	65.23	68.04	65.62	60.5	65.82	68.12
30	50.6	62.24	56.35	52.6	52.32	50.58	40.5	54.22
45	30.25	30.02	28.24	25.35	26.14	35.2	42.24	34.35
60	24.52	23.87	22.74	22.72	24.26	23.39	18.16	25.73
99	22.35	23.54	22.18	22.42	22.54	22.12	18.04	24.34

Tabel 4. Hasil pengukuran COD pada perlakuan beban BOD 60 mg/L ($Q = 2\text{L/jam}$)

Ttk Sampling	Pengukuran							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	84.84	86.28	86.14	82.24	88.46	81.02	84.42	88.14
15	74.12	76.54	75.84	78.64	75.42	80.25	75.48	78.12
30	68.26	72.24	72.12	75.62	72.24	74.42	74.45	74.56
45	45.28	48.42	50.04	52.03	52.12	55.24	54.22	53.13
60	38.24	36.48	38.22	42.76	44.12	46.23	48.12	45.32
99	34.64	33.22	32.04	32.46	33.52	34.18	34.26	34.16



Gambar 3. Grafik ln Konsentrasi COD (C) terhadap waktu (T) (Q = 1 L/Jam)



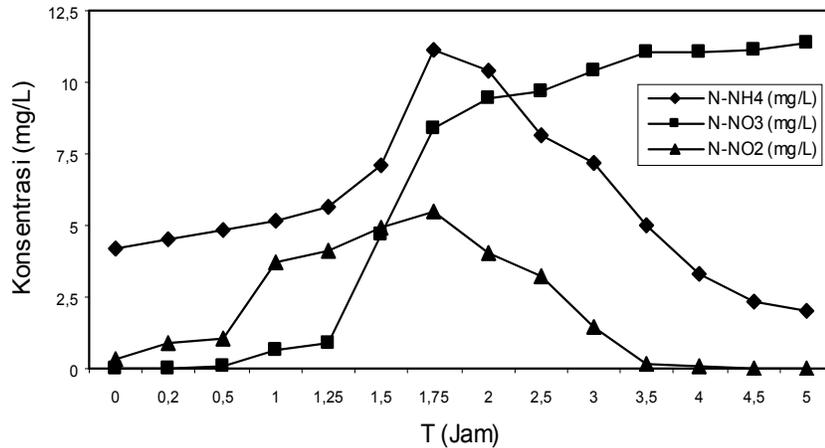
Gambar 4. Grafik ln Konsentrasi COD (C) terhadap waktu (T) (Q = 2 L/Jam)

Memperhatikan kecenderungan-kecenderungan penurunan nilai konsentrasi, konstanta dan efisiensi, maka dapat dilihat bahwa persamaan tersebut berbanding lurus. Perbandingan tersebut ditunjukkan, pada saat $K=0,2886$ turun menjadi $0,1946$ diikuti pula oleh penurunan E . Sedangkan bila dilihat dari perbandingan lama waktu tinggal ($T = 5$ dengan $2,5$ Jam), maka laju degradasi lebih besar dan sejalan pula dengan nilai E -nya. Dari percobaan tersebut dapat dilihat bahwa, laju degradasi terhadap COD yang sangat berpengaruh adalah lamanya waktu tinggal (T). Benefield, *et al.*(1980) mengemukakan, untuk limbah organik dari hasil penelitiannya terhadap konsentrasi glukosa degradasinya lebih besar apabila waktu tinggalnya lebih lama.

Keberadaan karbon organik yang tunjukkan dalam COD, sejalan dengan perjalanan waktu akan teroksidasi secara

aerobik. Oksidasi aerobik terjadi apabila persediaan oksigen terlarut (DO) di perairan tersebut cukup dan apabila oksigen tersebut habis maka proses berubah menjadi oksidasi nir-aerobik.

Sementara itu kehadiran NH_3 diperairan yang cukup, akan memicu rangkaian proses nitrifikasi yang mengkonversi amoniak menjadi nitrat. Pada penelitian ini proses tersebut terjadi setelah $2,5$ Jam, yaitu peningkatan NO_3 diikuti oleh penurunan NO_2 , yang menunjukkan adanya penurunan DO turun pada $T 1,25 - 2$ Jam, atau pada reaktor nomor $30 - 45$ (Gambar 5). Berdasarkan seri waktu tampak pada kondisi ini telah terjadi proses dinitrifikasi yaitu terjadi penurunan NO_3 . Beberapa bakteri diketahui dapat menggunakan nitrogen nitrat untuk menggantikan oksigen dalam metabolismenya (Grady, 1980).



Gambar 5. Grafik Degradasi Nitrogen Terhadap Waktu Pada ($Q = 1$ L/Jam)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan, bahwa konstanta laju degradasi (K) masih mengikuti persamaan Monod Orde- Kedua. Pada debit aliran (Q) sebesar 1 L/Jam dan waktu tinggal (T) 5 jam, nilai konstanta laju degradasi (K) karbon organik sebesar $0,2886 \text{ Jam}^{-1}$. dengan tingkat efisiensi (E) 72,55 %. Pada debit alir 2 L/Jam, nilai K dan E menjadi turun masing-masing $0,1946 \text{ Jam}^{-1}$ dan 59.17 %.

Untuk memperoleh beberapa konstanta laju degradasi (K) disarankan penelitian lebih lanjut dengan perubahan beban dan waktu tinggal diperbesar atau variasinya diperbanyak.

DAFTAR PUSTAKA

APHA-AWWA. 1995. Standard Methods for The Examination of Water and Wast Water. 17th edition. Washington.
 Benefield, D.L. & C.W. Randall, 1980, Biological Process Design for

Wastewater Treatment. Prentice- Hall, Inc., Englenwood Cliffs. 526p.

Chapra, S.C., "Surface Water-Quality Modeling", The Mc Graw-Hill, New York, 1991

Grady Jr. & H.C. Lim, 1980. Biology Wastewater Treatment, Theory an Application, Marcel Deijer, Inc, New York, 844 pp.

Jalil, A. 2002. Biodegradabilitas dan Pengaruh Pestisida BPMC Terhadap Penguraian Limbah Organik Dengan Menggunakan Model Sungai (*River Model*), Theses, Enviromental Engineering. ITB, 94 p.

Lohani, B.N., 1981 " Environmental Quality Management", Environmental Engineering Devision Asian Institute of Techniligy Bangkok,

_____, Himpunan Peraturan Perundang-Undangan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pengendalian Dampak Lingkungan Era Otonomi Daerah Buku II, Kementerian lingkungan Hidup, 2002.