

KAJIAN PROSES DEGRADASI, PENYERAPAN DAN PELEPASAN MATERIAL PENCEMAR NIR-KONSERVATIF DI PERAIRAN DARAT

Eko Harsono, Sulung Nomosatryo, Arianto Budi Santoso, Guruh Satria Ajie

Abstrak

Kegiatan ekonomi telah memberi dampak negatif pencemaran organik oxidizable dan nutrien di perairan darat. Daya tampung perairan darat oleh pencemar tersebut belum diterapkan dalam pengendalian pencemaran. Permasalahan dalam penerapan tersebut karena belum adanya informasi pengkarater proses di perairan darat tropis (Indonesia), parameter proses empirik yang tersedia merupakan hasil penelitian di daerah subtropis, yang jika digunakan untuk peramalan daya tampung pencemar tersebut sulit untuk mencapai presisi yang diinginkan. Oleh karena itu usulan penelitian ini akan melakukan percobaan pada skala laboratorium untuk mengkaji dan karakterisasi proses degradasi material organik oxidizable dan nutrien di badan air mengalir, pelepasan material organik oxidizable dan nutrien dari sedimen perairan darat, serta mengkaji dan karakterisasi proses penyerapan dan degradasi material organik oxidizable dan nutrien oleh tumbuhan akuatik perairan darat.

Kata kunci : *Pengendalian pencemaran, daya tampung pencemar, degradasi, pelepasan, penyerapan*

PENDAHULUAN

Latar Belakang Penelitian

Perairan darat baik yang mengalir maupun tergenang sejak dahulu selalu berdekatan dengan pusat kegiatan ekonomi. Dua fungsi saling berlawanan sekaligus diperankan oleh perairan darat, yaitu (i) perairan darat sebagai sumberdaya pendukung kegiatan ekonomi, (ii) perairan darat sebagai sumberdaya pembersih (purifikasi) limbah kegiatan ekonomi. Dalam pengembangan berkelanjutan (sustainable development), ke dua peran tersebut harus dijaga seimbang (equilibrium).

Kegiatan ekonomi telah diikuti dengan adanya pemusatan penduduk, perkembangan area pemukiman, perkotaan dan komersil, industrialisasi serta intensifikasi produksi pertanian dan perkebunan. Maka dapat diperkirakan limbah yang diterima oleh perairan darat banyak mengandung material pencemar nir-konservatif yang terdiri dari organik oxidizable dan nutrien (Lohani, 1981). Hal ini juga dikuatkan peneliti pendahulu, bahwa sebagian besar sungai-sungai utama di pulau Jawa telah tercemar oleh material organik oxidizable dan nutrien.

Otonomi daerah diyakini akan memacu kegiatan ekonomi. Maka dikhawatirkan juga pencemaran perairan darat di pulau Jawa akan semakin parah. Dikhawatirkan juga kejadian tersebut menjalar ke perairan darat di luar pulau Jawa. Hal ini apabila dibiarkan akan mengakibatkan perairan darat tidak berdaya lagi dalam membersihkan limbah tersebut, yang pada gilirannya akan melemahkan kegiatan ekonomi.

Daya tampung beban pencemar adalah kemampuan air pada suatu sumber untuk menerima masukan beban pencemar tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran). Daya tampung pencemar merupakan ‘tool’ kunci dalam pengendalian pencemar. Namun hingga saat ini, daya tampung perairan darat untuk dasar upaya pengendalian pencemaran material organik oxidizable dan nutrien belum diterapkan. Hal ini telah menyulitkan regulator (pemerintah daerah) dalam pengawasan dan pembatasan beban buangan hingga sebatas daya tampung pencemar organik oxidizable dan nutrien perairan darat. Untuk itu diajukan proposal penelitian yang melingkupi sekitar pengendalian pencemaran material pencemar organik oxidizable dan nutrien, dan dengan batasan kegiatan penelitian sekitar permasalah daya tampung pencemar material tersebut di perairan darat.

Perumusan Masalah

Permasalahan belum diterapkannya daya tampung pencemar untuk pengendalian beban organik oxidizable dan nutrien di perairan darat bersumber pada masalah sebagai berikut:

- Belum ada informasi parameter pengkarater proses empirikal di perairan darat tropis (Indonesia) yang diakibatkan oleh material tersebut
- Parameter proses empirik yang tersedia merupakan hasil dari penelitian di daerah subtropis, sehingga apabila digunakan untuk peramalan daya tampung sulit dicapai presisi yang diinginkan.

Tujuan dan Sasaran

Dalam usulan penelitian yang diajukan ini, secara umum bertujuan mengkaji proses degradasi, penyerapan dan pelepasan material nir-konservatif di perairan darat. Sedangkan tujuan khususnya adalah sebagai berikut,

- Karakterisasi proses degradasi material organik oxidizable dan nutrien di badan air mengalir.
- Karakterisasi proses pelepasan material organik oxidizable dan nutrien dari sedimen perairan darat.
- Karakterisasi proses penyerapan dan degradasi material organik oxidizable dan nutrien oleh tumbuhan akuatik perairan darat.

Sedangkan sasaran secara umum adalah, kajian proses degradasi, penyerapan dan pelepasan material nir-konservatif di perairan darat. Dan sasaran khususnya adalah,

- Karakter proses degradasi material organik oxidizable dan nutrien di badan air mengalir.
- Karakter proses pelepasan material organik oxidizable dan nutrien dari sedimen perairan darat
- Karakter proses penyerapan dan degradasi material organik oxidizable dan nutrien oleh tumbuhan akuatik perairan darat.

KERANGKA ANALITIK

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, pencemaran adalah masuknya atau dimaksukkannya mahluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam badan air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ketingkat tertentu yang menyebabkan tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Daya tampung beban pencemar adalah kemampuan air pada suatu sumber untuk menerima masukan beban pencemar tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar. Sedangkan pengendalian pencemaran adalah upaya pencagahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihian kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.

Material pencemar pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu substansi konservatif dan substansi nir-konservatif (Thomann.R, 1987). Substansi konservatif adalah substansi yang tidak mengalami penyusutan (losses) seiring dengan waktu baik karena reaksi kimia maupun degradasi biokimikal. Termasuk substansi ini di antaranya solid terlarut, chlorida dan logam yang terlarut selama perjalannya. Sedangkan substansi nir-konservatif adalah substansi yang mengalami peluruhan seiring dengan waktu, baik karena reaksi kimia, degradasi bakterial, peluruhan radio aktif, mengendap maupun terserap (adsorbsi). Termasuk substansi ini adalah material organik oxidizable, nutrien, volatile chemicals, dan bakteri.

Perairan darat dalam hal pengendalian pencemaran boleh dianggap sebagai reaktor alami. Dengan demikian, daya tampung beban pencemar merupakan ekspresi dari unjuk kerja reaktor tersebut. Perairan sungai secara teoritis dianggap sebagai completely stirring tank reactors sistem (CSTR) bertingkat (cascade) (Chapra, 1997). Sedangkan sedimen dasar diperairan darat di sini dianggap sebagai sedimen yang telah menetap di dasar pada periode yang steady. Maka proses di dalam sedimen tersebut dapat dianggap seperti dalam reaktor batch. Demikian pula dalam proses penyerapan dan degradasi oleh tanaman akuatik yang menetap. Beban masukan material organik oksidizable dan nutrien ke dalam reaktor ini, akan diproses sesuai dengan kinerja reaktor dan tergantung pada tingkat degradable materialnya. Dalam pengungkapan kinerja sistem reaktor karena beban tersebut, dapat dilakukan pada kondisi tunak (steady-state) maupun variasi waktu pada proses reaksi mengikuti ordo tertentu.

HIPOTESIS

Dengan telah diperolehnya kajian proses degradasi, penyerapan dan pelepasan material organik oxidizable dan nutrien, maka dapat disusun suatu rangkaian karakter proses di perairan darat sehingga daya tampung pencemar perairan tersebut dapat diramalkan dengan teliti.

METODOLOGI

Penelitian yang diusulkan akan dilakukan secara eksperimental pada skala laboratorium.

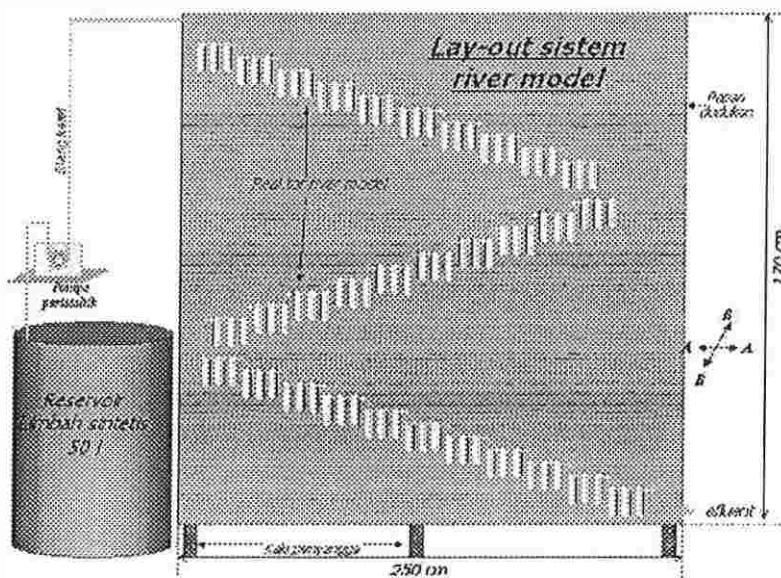
Sedangkan bahan penelitian adalah sebagai berikut :

- Untuk karakterisasi proses degradasi material organik oxidizable dan nutrien di badan air mengalir :

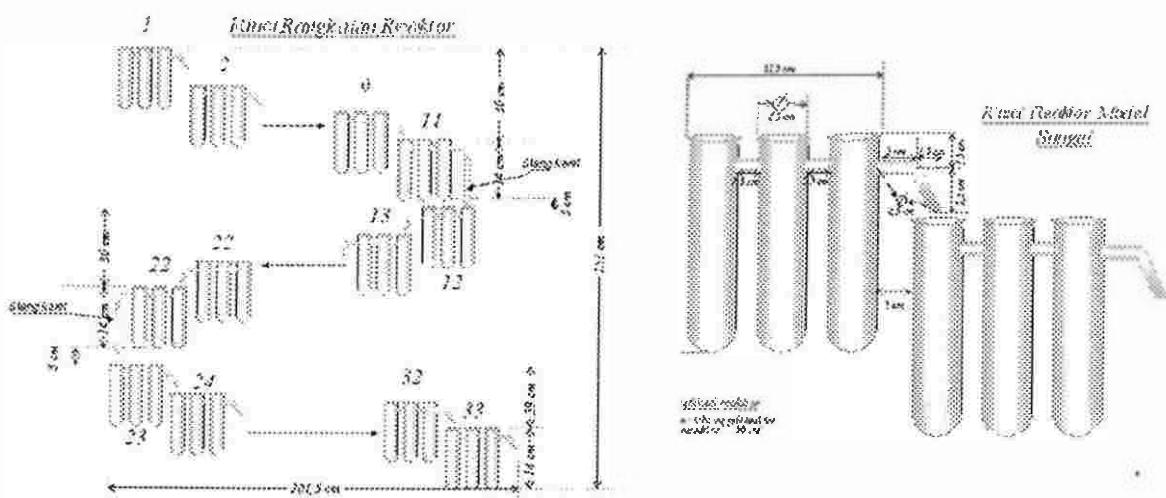
Badan air mengalir (Sungai) akan dibuat dengan meniru (model) sungai, yaitu dengan completely stirring tank reactors sistem (CSTR) bertingkat (cascade) pada skala laboratorium. Beban material pencemar yang akan dialirkan ke dalam reaktor (yang diteliti) direncanakan menggunakan beban sintetis dari kandungan COD, dan TOC untuk material organik oxidizable, sedangkan NH_3 , NO_2 , NO_3 dan PO_4 untuk nutrien.

Eksperimen dilakukan pada kondisi aerobik, fakultatif dan anaerobik dengan perubahan beban dan waktu tinggal (jarak). Untuk mendapatkan kondisi aerobik direncanakan dengan mengalirkan oksigen kedalam badan air (aerasi dengan aerator), kondisi anaerobik dengan mengalirkan gas N_2 kedalam badan air, sedangkan kondisi fakultatif dapat dilakukan dengan mengkombinasikan ke dua pengaliran tersebut.

Monitoring dan pendataan kandungan organik oxidizable dan nutrien di lakukan pada titik-titik pengambilan conto yang akan ditentukan. Dengan hasil pendataan tersebut dapat dikaji dan dikarakterisasi kecenderungan proses degradasi yang terjadi. Dimana metode analisis kandungan material organik oxidizable dan nutrien dilakukan dengan metode standard.



Gambar 1. Desain konstruksi model proses degradasi material organik pada badan air mengalir (River Model).

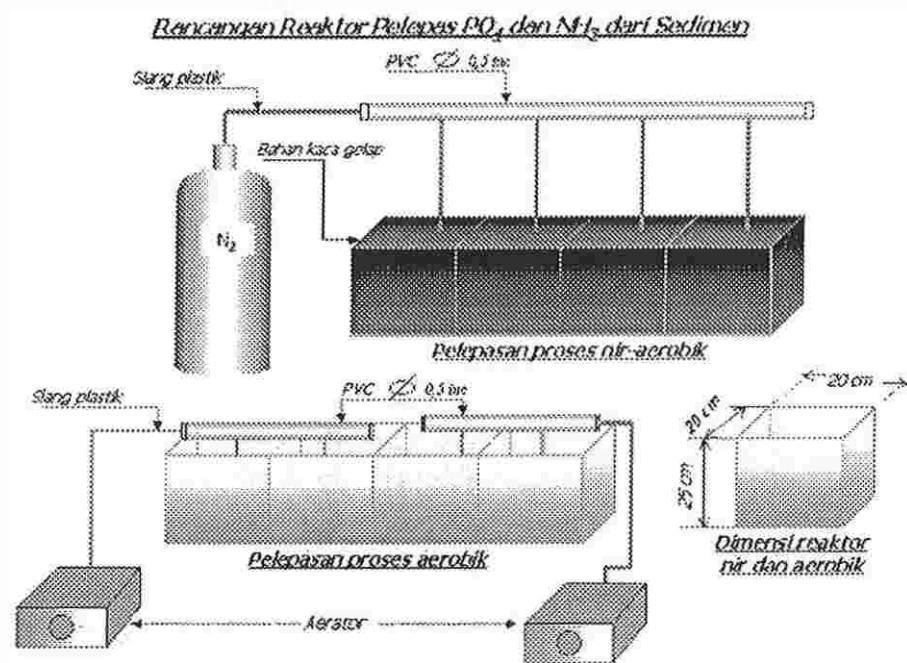


Gambar 2. Detail rangkaian tabung reaktor River Model

- *Karakterisasi proses pelepasan material organik oxidizable dan nutrien dari sedimen perairan darat.*

Percobaan untuk mengkaji proses pelepasan organik oxidizable dan nutrien dari sedimen perairan dilakukan pada reaktor batch skala laboratorium. Sedimen yang diteliti direncanakan diperoleh dari pengambilan contoh sedimen sungai di sekitar Jawa Barat yang diperkirakan telah tercemar. Eksperimen dilakukan pada kondisi anoksik (dengan mengalirkan gas N₂ kedalam badan airnya) dan oksik (memasukan gas O₂ kedalam badan airnya).

Monitoring dan pendataan kandungan organik oxidizable (COD dan TOC) dan nutrien (NH₃, NO₂, NO₃) akan dilakukan dengan mengambil contoh pada sedimen dan badan airnya dengan interval waktu yang akan ditentukan. Dengan hasil monitoring tersebut, maka akan dapat dikaji dan dikarakterisasikan kecenderungan pelepasan material tersebut dari sedimen.

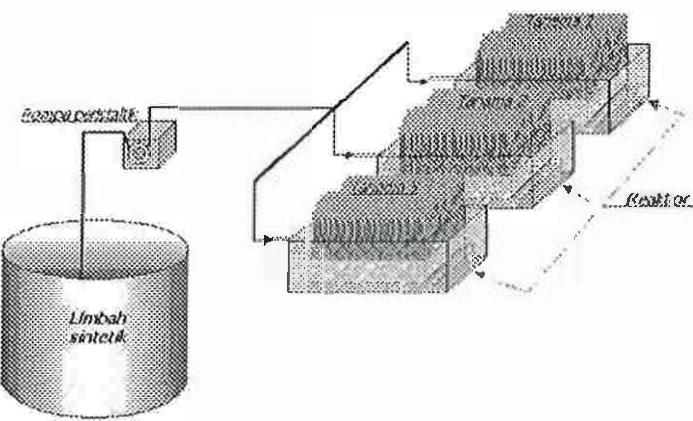


Gambar 3. Desain konstruksi reaktor proses pelepasan organik oxidizable dan nutrien dari sedimen perairan darat.

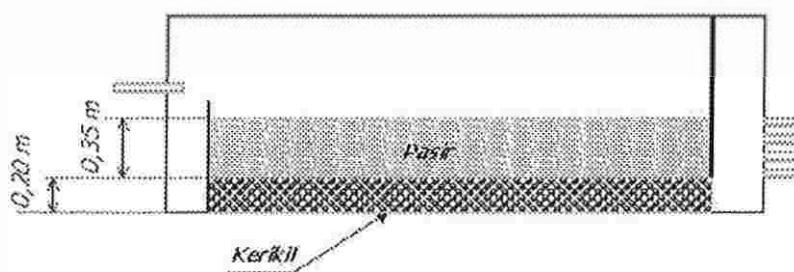
- *Karakterisasi proses penyerapan dan degradasi material organik oxidizable dan nutrien oleh tumbuhan akuatik perairan darat.*

Percobaan untuk mengkaji proses penyerapan dan degradasi material organik oxidizable dan nutrien oleh tumbuhan akuatik perairan darat dilakukan dengan batch reactor continues pada skala laboratorium. Material organik oxidizable dan nutrien diperoleh dengan bahan sintesis seperti halnya pada percobaan pertama. Sedangkan tumbuhan air akan digunakan adalah *Cyperus* sp.

Eksperimen dilakukan dengan monitoring dan pendataan material yang terserap dan perkembangan pertumbuhan tumbuhan air tersebut. Dari hasil monitoring tersebut, dengan metode neraca massa maka akan dapat dikaji dan karakterisasi proses penyerapan dan pertumbuhan tanaman akuati tersebut.



Gambar 4. Desain konstruksi reaktor proses penyerapan oleh tumbuhan akuatik.

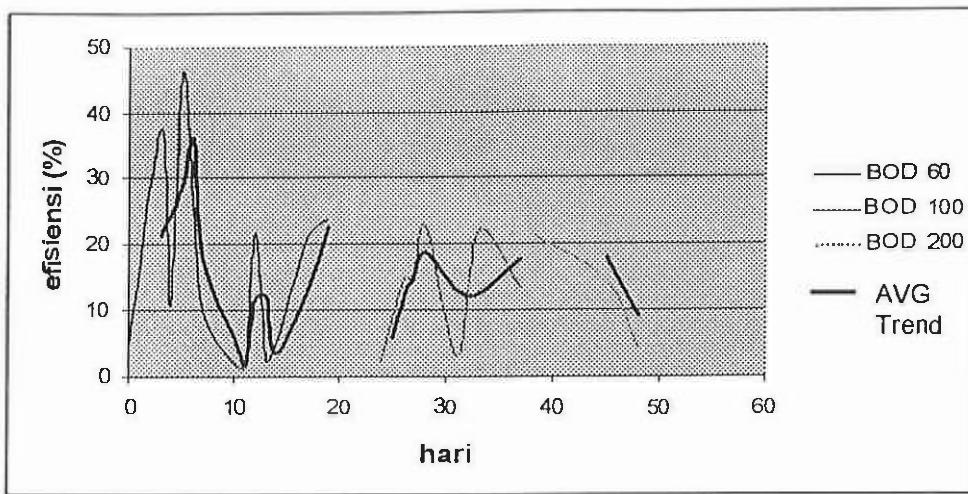


Gambar 5. Penampang melintang reaktor penyerapan oleh tumbuhan akuatik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi proses degradasi material organik oxidizable dan nutrien di badan air mengalir

Parameter yang diamati dalam eksperimen ini adalah variasi TOM pada sumber limbah (inlet) dan hasil proses (outlet) terhadap beban limbah. Limbah yang diujicobakan memiliki variasi konsentrasi berdasarkan nilai BODnya yaitu 60 mg/l, 100 mg/l dan 200 mg/l. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses yang terjadi pada reaktor sangat sensitif dimana peningkatan beban limbah akan mengakibatkan reaktor akan mendegradasi limbah lebih lama. Hal ini dapat ditunjukkan oleh efisiensi kerja reaktor dalam mendegradasi limbah (Gambar 6).



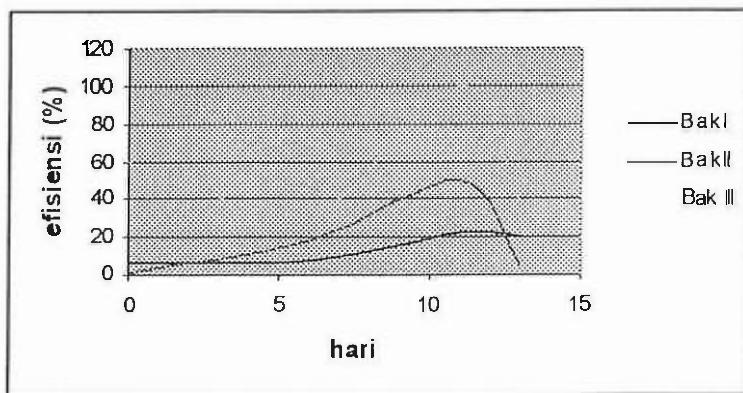
Gambar 6. Efisiensi penyisihan limbah reaktor River Model

Pada pengujian dengan beban BOD 60 mg/l, kinerja reaktor mampu mencapai titik efisiensi maksimum yakni 46,32% pada hari ke-5. Namun selanjutnya mengalami penurunan kinerja hingga 2,1% pada hari ke-10, kemudian kembali meningkat pada hari berikutnya. Kinerja reaktor kembali menurun dengan penambahan konsentrasi beban limbah menjadi 100 mg/l BOD. Namun kinerja reaktor menunjukkan peningkatan kembali setelah 10 hari. Kondisi tersebut berulang ketika dilakukan penambahan beban limbah menjadi 200mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya reaktor belum mengalami kondisi tunak sempurna (steady). Diperlukan pemberian perlakuan beban limbah pada satu konsentrasi dengan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan kondisi steady dari reaktor. Pada kondisi steady reaktor akan memiliki efisiensi penyisihan relatif stabil pada satu bahan limbah dan akan mengalami penurunan sejenak untuk adaptasi dan kembali pada kondisi stabil.

Pada kondisi steady, eksperimen reaktor dengan variasi waktu tinggal dapat menunjukkan hubungan kemampuan degradasi badan air mengalir dengan waktu tinggal. Apabila proses pada reaktor diasumsikan pada satu sistem sungai, maka limbah yang mengalir dari satu titik sumber pencemar dapat diprediksi bagaimana proses pendegradasiannya dan pada titik mana limbah tersebut akan terurai sempurna.

Karakterisasi proses penyerapan dan degradasi material organik oxidizable dan nutrien oleh tumbuhan akuatik perairan darat

Eksperimen ini memiliki prinsip kerja yang sama dengan reaktor River Model yaitu pemberian beban limbah BOD dengan variasi konsentrasi 60 mg/l dan 100 mg/l pada 3 bak percobaan yang memiliki kondisi seragam secara fisik. Debit limbah yang masuk ke dalam sistem adalah sebesar 10 liter/hari. Hasil pengamatan ternyata menunjukkan terdapat perbedaan efisiensi penyerapan di masing-masing bak (Gambar 7).



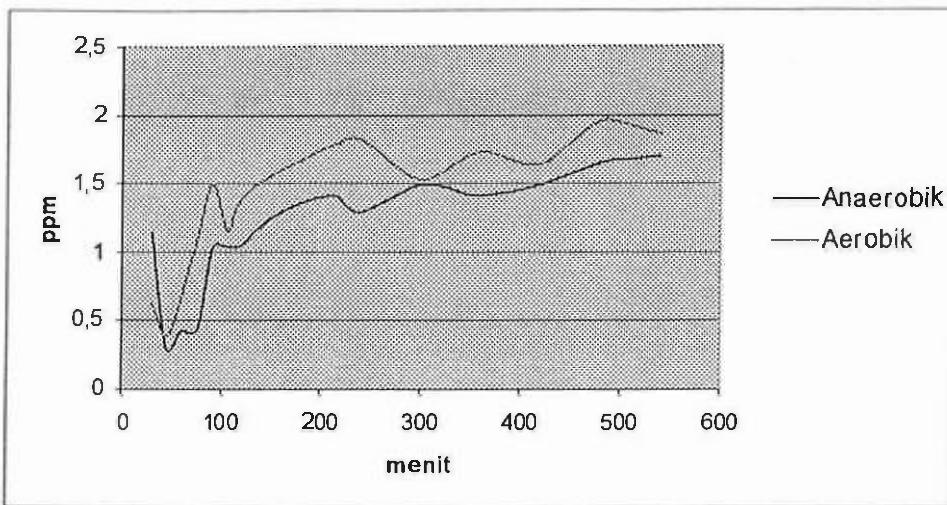
Gambar 7. Efisiensi penyisihan limbah oleh tumbuhan akuatik

Bak I menunjukkan tingkat efisiensi terendah yakni hanya 22,37%, sedangkan yang tertinggi adalah pada bak III dengan tingkat efisiensi hingga 99,96%. Namun demikian secara keseluruhan ketiga bak tersebut memiliki trend kinerja proses yang sama yaitu cenderung meningkat terus, bahkan pada bak III hampir mencapai 100%. Efisiensi penyisihan turun secara drastis setelah diberikan penambahan beban. Hal ini menunjukkan perlu adanya pengamatan yang lebih panjang untuk mengetahui kondisi steady dari sistem.

Sama halnya dengan reaktor River Model, kondisi steady eksperimen ini dengan variasi waktu tinggal dapat menunjukkan hubungan kemampuan degradasi sistem (berupa kelompokan vegetasi akuatik) dengan waktu tinggal. Apabila proses pada reaktor diasumsikan pada satu sistem sungai dengan tepian yang rapat akan vegetasi akuatik, maka limbah yang menggenang atau terjebak pada titik tersebut dapat diprediksi laju degradasinya sejalan dengan waktu tinggal airnya.

Karakterisasi proses pelepasan material organik oxidizable dan nutrient dari sedimen perairan darat

Eksperimen ini mangkaji pelepasan amoniak dari sedimen ke badan air dengan sekala laboratorium. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa amoniak lebih banyak dilepaskan pada kondisi anaerobik di awal eksperimen dibandingkan dengan pada kondisi aerobik (Gambar 8). Sejalan dengan waktu, pada kondisi aerobik amoniak lebih banyak dilepaskan. Namun demikian keduanya memiliki pola pelepasan yang hampir sama.



Gambar 8. Pelepasan NH_4 dari sedimen ke badan air pada skala laboratorium

Eksperimen ini mengambil sampel sedimen dari salah satu segmen Sungai Citarum di kawasan hulu. Hasil eksperimen ini menunjukkan bahwa setiap menitnya sungai ini mengalami penambahan amoniak berkisar 1,5 hingga 2 ppm yang berasal dari sedimen sungai itu sendiri.

PUSTAKA

- Anonim. 2002. Himpunan Peraturan Perundang-Undangan Di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pengendalian Dampak Lingkungan Era Otonomi Daerah. Buku II. Kementerian lingkungan Hidup.
- Chapra, S.C., 1991. Surface Water-Quality Modeling. The Mc Graw-Hill. New York.
- Lohani, B.N. 1981. Environmental Quality Management. Environmental Engineering Devision, Asian Institute of Techniligy Bangkok.
- Thomann, R. V. 1987. Priciples of Surface water Quality Modeling and Control. Harper & Row. New York.