

**FITOREMEDIASI BAHAN AKTIF CARBOFURAN®
MENGUNAKAN ENCENG GONDOK (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms)**

Karyadi *) dan Eko Istiono **)

*) STIP Farming Semarang **) S2 Magister Ilmu Lingkungan Undip

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kemampuan enceng gondok sebagai pengganti arang aktif dalam pengolahan air limbah pestisida carbofuran dan laju degradasi pestisida bahan aktif Carbofuran® dengan menggunakan enceng gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms).

Metoda penelitian menggunakan penjerapan dengan pemodelan, melalui tahap skala laboratorium sebelum dilakukan scale up. Fitoremediasi menggunakan enceng gondok dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam pencemaran air yang disebabkan oleh industri pestisida.

Pada skala laboratorium diperoleh penurunan konsentrasi bahan aktif carbofuran pada setiap penambahan waktu di skala laboratorium dengan persamaan $y = 0.3742\ln(x) - 1.4524$. Fotosintesis berpengaruh pada efisiensi penjerapan, pada pukul 12.00 memiliki efisiensi yang tinggi yaitu 82,21%. diperoleh model jerapan carbofuran mengikuti persamaan model Freundlich $x/m = 0.00094C^{3.2346}$. Perbandingan biaya yang cukup significant yaitu Rp 10.097,- per mcub limbah dibandingkan dengan pengolahan menggunakan arang aktif yaitu Rp 20.255,- per mcub limbah sehingga cara pengolahan limbah industri menggunakan enceng gondok lebih ekonomis. Residu pada enceng gondok yang terjerap adalah 0,41 ppm.

Remediasi atau pembersihan lahan yang tercemar polutan diharapkan dapat menggunakan metode fitoremediasi dengan biaya dan proses yang sederhana di daerah perairan dimana enceng gondok dapat hidup dengan subur. Secara ekonomis fitoremediasi hasil penelitian ini layak untuk diterapkan di industri dengan penghematan biaya yang cukup signifikan dan dapat dijadikan sebagai salah satu solusi untuk penjerapan bahan aktif pestisida. Model jerapan pada kolam enceng gondok dapat diaplikasikan untuk memperkirakan berapa jumlah dan waktu tinggal air limbah dalam kolam enceng gondok. Sisa tanaman enceng gondok tidak dapat digunakan sebagai sumber pakan ternak dan kerajinan karena sudah tercemar bahan carbofuran.

Kata kunci: *Fitoremediasi, Penjerapan, Carbofuran®, Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms,*

ABSTRACT

This research was conducted to study capability of *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms as an alternative change of activated carbon on how to treat carbofuran pesticide waste water treatment and study on degradation velocity.

Method of this research was use adsorb with model by laboratory scale up to scale up at plant. Fitoremediation using by *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms can as a problem solving on water pollution prevention at pesticide manufacturing.

At scale laboratory result by concentration decreasing of carbofuran on every time addition by following equation $y = 0.3742\ln(x) - 1.4524$. Photosynthesis was impact on adsorb efficiency, at 12.00 was most efficient 82,21%. And found carbofuran adsorb model carbofuran by following equation model Freundlich $x/m = 0,00094C^{3,2346}$. Based on cost comparison this method significantly different between fitoremediation method is Rp 10.097,- per mcub waste and activated carbon using method is Rp 20.255,- per mcub, so fitoremediation method is more cheaper than activated carbon method. Residue of active ingredient of Carbofuran still detect on *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms adsorb is 0,41 ppm.

Remediation or soil clean up using fitoremediation method can adopt with minimal cost and simple process at wet land. Fitoremediasi is a efficient method to implement at industrial plant by significant cost reduction and as problem solving for pesticide pollution prevention. The method can predict by estimate number of waste and settling time in *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms pond process. Residue of *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms can not use for animal and other human purpose.

Key words: *Fitoremediation, Adsorption, Carbofuran®, Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms,*

PENDAHULUAN

Berbasis pada wawasan terhadap resiko ion logam berat terhadap lingkungan, maka harus selalu diperhatikan sistem pengolahan limbah logam-logam berat tersebut yang masuk ke lingkungan. Salah satunya adalah proses pengolahan dengan menggunakan tumbuhan dengan tujuan mengurangi tingkat keracunan elemen polusi terhadap lingkungan, pendekatan ini dapat mengacu pada proses fitoremediasi.

Saat ini, pengolahan secara biologis untuk mengurangi ion logam berat dari air tercemar muncul sebagai teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan dibandingkan dengan proses kimia, seperti menambahkan zat kimia tertentu untuk proses pemisahan ion logam berat atau dengan resin penukar ion (*exchange resins*), dan beberapa metode lainnya seperti penyerapan dengan menggunakan karbon aktif, elektrodialysis dan reverse osmosis. Saat ini banyak hasil

studi laboratorium dilaporkan secara detail pada berbagai tulisan ilmiah khususnya berkaitan dengan evaluasi proses berbasis bioteknologi dalam cakupan tujuan bioremediasi logam berat.

Bioremediasi didefinisikan sebagai terakumulasi dan terkonsentrasinya zat polusi (*pollutan*) dari suatu cairan oleh material biologi, selanjutnya melalui proses recovery material ini dapat dibuang dan ramah terhadap lingkungan. Berbagai jenis mikroba biomassa dapat digunakan untuk tujuan ini. Proses fitoremediasi berpotensi tinggi dalam kontribusinya untuk mengurangi kadar logam berat pada level konsentrasi yang sangat rendah.

Fitoremediasi lebih efektif dibanding dengan ion exchange dan reverse osmosis dalam kaitannya dengan sensitifitas kehadiran padatan terlarut (*suspended solid*), zat organik dan logam berat lainnya, serta lebih baik dari proses pengendapan (*presipitation*) bila dikaitkan dengan kemampuan menstimulasikan perubahan pH dan konsentrasi logam

beratnya (Sugiharto, 2005)

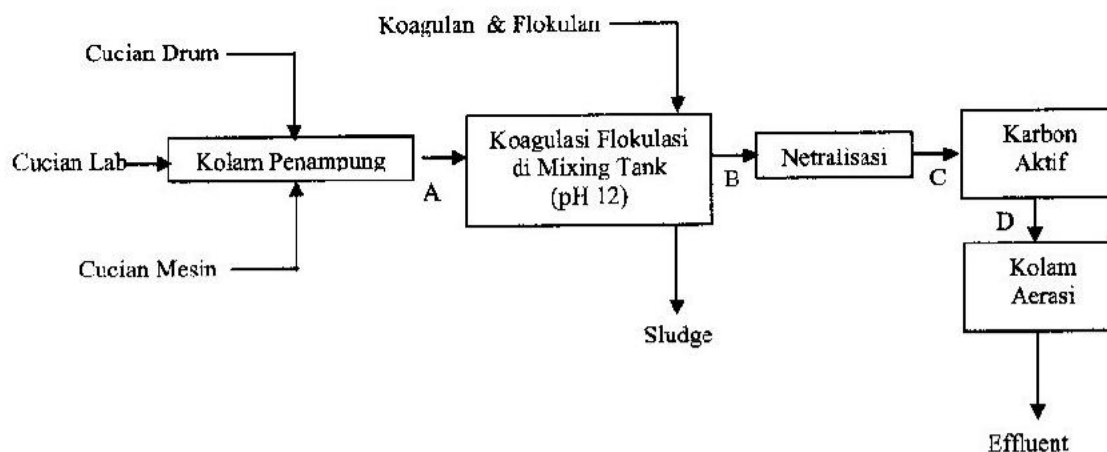
Untuk mendesain suatu proses pengolahan limbah yang melibatkan tumbuhan dalam mengatasi permasalahan ion logam berat, dapat dipakai metode fitoremediasi secara sederhana. Tumbuhan pilihan dimasukkan, ditumbuhkan dan selanjutnya dikontakkan dengan air yang tercemar ion-ion logam berat atau pestisida. Proses pengontakkan dilakukan dalam jangka waktu tertentu yang ditujukan agar biomassa berinteraksi dengan ion-ion logam berat dan selanjutnya biomassa ini dipisahkan dari cairan, kemudian dibuang ke lingkungan.

Limbah pestisida dikumpulkan dalam bak penampung limbah, dalam bak terdapat proses fisika yaitu pemisahan padatan dan minyak/oli dengan filter dan oil trap. Limbah dari bak penampung dipompa secara batch ke tangki mixing dan ditambahkan koagulan dan flokulan untuk mempercepat pengikatan partikel limbah secara kimia dengan efisiensi 62%. Karbon aktif dipakai pada proses setelah netralisasi dari bak mixing untuk menjerap bahan racun dari pestisida dengan efisiensi 80%. Diagram alir sebagai berikut:

Penelitian ini bertujuan untuk: 1). mengetahui apakah enceng gondok dapat menurunkan kandungan bahan aktif pestisida carbofuran pada limbah industri pestisida. 2). mengetahui kemampuan enceng gondok untuk mendegradasi bahan aktif pestisida carbofuran, dan 3). mengetahui kinetika laju degradasi bahan aktif pestisida carbofuran dalam kolam enceng gondok

MATERI DAN METODE

Bahan penelitian yang digunakan adalah: enceng gondok (*Eichornia Crassipes* (Mart) Solms) dari Rawa Pening dengan berat rata rata 100 gram tinggi rata rata 20 cm, limbah dari proses produksi dan cucian alat yang mengandung bahan aktif Carbofuran. Alat yang dipakai untuk penelitian pada skala laboratorium adalah: gelas ukur 1000 ml, timbangan analitik digital, alat analisa bahan aktif Carbofuran, botol sample 50 ml, kertas label, thermometer, pH meter, mistar, kamera digital, Gas Chromatography HP 5890, integrator, auto sampler. Alat yang dipakai untuk



Gambar 1. Diagram alir pengolahan limbah industri pestisida

Tabel 1. Data Penelitian Dan Laporan Harian PT. Bina Guna Kimia

Sampel	Perlakuan	Hasil Analisa	Derajat Keasaman (pH)
		Carbofuran	
A	Limbah Awal	25.37	7,0
B	Koagulasi - flokulasi	9.416 (62%)	12,0
C	Netralisasi	—	7,0
D	Kolom Karbon Aktif	1.836 (80%)	7,0

Sumber: PT. Bina Guna Kimia

penelitian pada skala lapangan adalah: kisi kisi saluran bak untuk scale up.

Limbah dari unit pengolahan limbah PT Bina Guna Kimia pada bulan Juni 2008 dialirkan dalam bak percobaan dengan proses alir. Pengamatan kandungan Carbofuran dalam air buangan dengan menggunakan GC HP 5890. Untuk mengetahui konsentrasi Carbofuran yang tersisa dalam air limbah dilakukan analisa secara laboratorium dengan GC HP 5890 menggunakan termal conductivity detector.

Data dari percobaan pada skala laboratorium digunakan untuk mengetahui persamaan garis hubungan antara konsentersasi Carbofuran di gelas ukur dengan waktu tinggal, sedang data dari percobaan di lapangan digunakan untuk mengetahui laju penjerapan Carbofuran oleh enceng gondok dengan model adsorpsi linier Freundlich.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Konsentrasi Carbofuran Terjerap Secara Batch

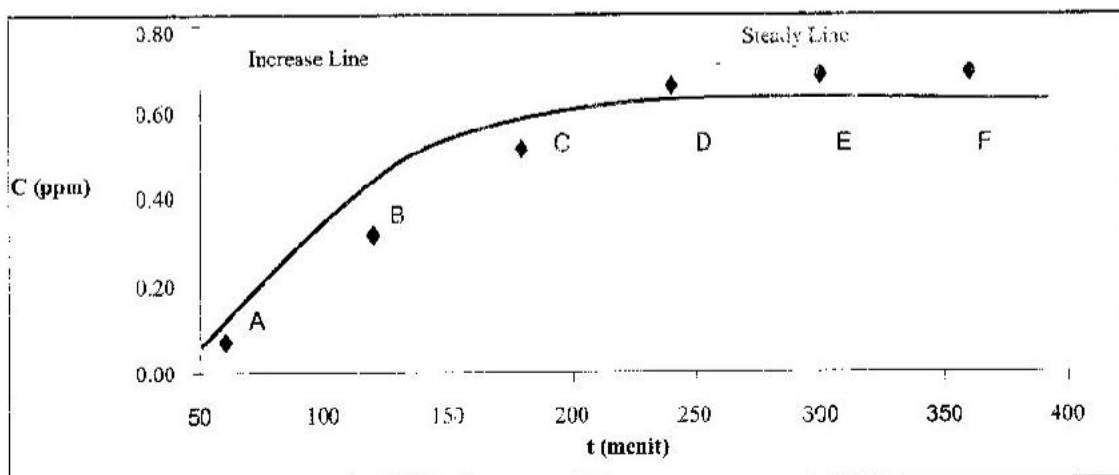
Pengamatan selama penelitian di laboratorium diperoleh hasil penjerapan bahan aktif carbofuran pada bak uji enceng gondok di laboratorium ukuran 1000 ml dengan jumlah enceng gondok 1 rumpun. Hasil ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil nilai konsentrasi carbofuran yang terjerap menunjukkan penurunan konsentrasi pada setiap penambahan waktu di dalam bak perlakuan dengan enceng gondok. Penurunan konsentrasi diduga karena sebagian carbofuran yang larut dalam air limbah diserap oleh enceng gondok sehingga konsentrasi carbofuran semakin berkurang setiap satuan waktu. Walverton dan McDonald (1979) mengemukakan bahwa enceng gondok mampu membersihkan air yang

Tabel 2. Konsentrasi Carbofuran Pada Bak 1000 ml Secara Batch Di Laboratorium.

Waktu (t, menit)	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm)	Konsentrasi terjerap (ppm)	Efisiensi (%)
60	7.87	7.80	0.07	0.9
120	7.87	7.55	0.32	4.0
180	7.87	7.36	0.51	6.5
240	7.87	7.21	0.66	8.4
300	7.87	7.18	0.69	8.7
360	7.87	7.18	0.69	8.8

Sumber: Data Primer 2008



Gambar 2. Grafik Penjerapan Bahan Aktif Carbofuran pada Skala Laboratorium
(Sumber: Data Primer 2008)

Grafik diatas menunjukkan bahwa sample A adalah limbah cair Carbofuran dengan perlakuan waktu tinggal 60 menit, sample B adalah limbah cair Carbofuran dengan perlakuan waktu tinggal 120 menit, sample C adalah limbah cair Carbofuran dengan perlakuan waktu tinggal 180 menit, sample D adalah limbah cair Carbofuran dengan perlakuan waktu tinggal 240 menit, sample E adalah limbah cair Carbofuran dengan perlakuan waktu tinggal 300 menit.

tercemar, zat yang dapat terserap dan disaring dari air limbah adalah logam berat timbal, arsen, kadmium dan pestisida. Hasil ditunjukkan pada Gambar 2.

2. Skala Lapangan Secara Kontinyu

Penelitian skala lapangan adalah penerapan hasil dari laboratorium ke kolam enceng gondok. Kolam klsi berisi enceng gondok pada kondisi yang sudah melalui tahap aklimatisasi. Pada penelitian ini kolam dialiri limbah secara kontinyu dengan debit 2,08 liter/menit selama 24 jam setelah steady. Volume basah 1500 liter, debit alir limbah 2,08 liter/menit dan waktu tinggal 12 jam (Konsentrasi awal limbah masuk 11,39 ppm). Sesuai dengan Gambar 1. sample diambil pada titik outlet,

dilakukan pengamatan dan pengambilan data yang dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

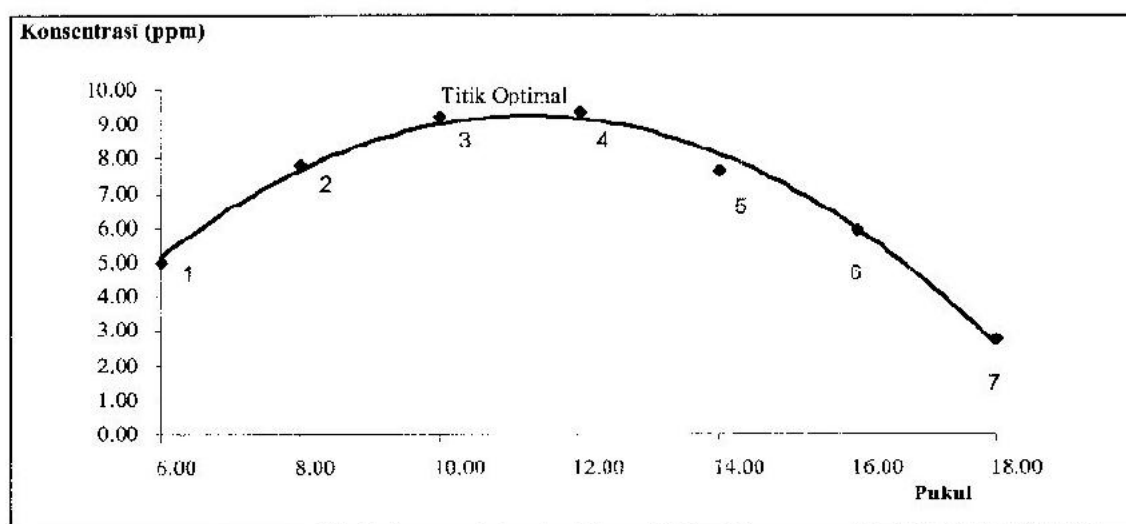
Dari hasil pengamatan dan perhitungan diperoleh regresi data untuk memperoleh nilai penjerapan maksimum dengan persamaan : $y = -0,5881x^2 + 4,2728x + 1,4925$ $dy/dC = 0$ maka $x = 3.63$ (pukul 11.00 – 12.00), hasil angka penjerapan maximum jika $d^2y/dC^2 < 0$

Dari percobaan 24 jam pada antara pukul 11.00 - 12.00 saat cuaca cerah dengan sinar matahari yang optimal. Proses fotosintesis berpengaruh pada laju penjerapan bahan makanan dan carbofuran pada kolam enceng gondok. Dalam fase terang akan terjadi transfer elektron (perpindahan elektron)

Tabel 3. Konsentrasi Carbofuran Pada Perlakuan Bak Kisi Enceng Gondok.

Pukul (WIB)	Konsentrasi Carbofuran (ppm)	Efisiensi Jerapan (%)
06.00	6.38	43.94
08.00	3.58	68.54
10.00	2.15	81.07
12.00	2.02	82.21
14.00	3.74	67.14
16.00	5.43	52.27
18.00	8.65	24.01
20.00	8.93	21.52
22.00	9.20	19.16
00.00	9.47	16.86
02.00	9.12	19.90
04.00	8.37	26.45
06.00	5.74	49.56

Sumber : Data Primer 2008



Gambar 3. Grafik Optimalisasi Penjerapan Carbofuran Pada Siang Hari (Sumber: Data Primer 2008)

pada reaksi Hill yaitu reaksi fotolisis air (penguraian air) yang menghasilkan energi. Fotolisis air yang menguraikan air menjadi gas hidrogen dan oksigen akan menghasilkan energi.

3. Pemodelan Keseimbangan Adsorpsi

Hasil pengamatan dan pengambilan data pada kolam volume 1500 liter, debit alir limbah 2,08 liter/menit dan waktu tinggal 12 jam (pukul 12.00 suhu, udara 30° kelembaban 70%). Hasil ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi Carbofuran Pada Perlakuan Bak Kisi Enceng Gondok

Sampling Point	Jarak (m)	Berat EG (g)	Volume (L)	Waktu (min)	Konsentrasi (g/L)
1	0	0	0	0	0.0177
2	3.7	16650	1498.5	80	0.0109
3	7.4	33300	1498.5	160	0.0100
4	11.1	49950	1498.5	240	0.0091
5	14.8	66600	1498.5	320	0.0088
6	18.5	83250	1498.5	400	0.0084
7	22.2	99900	1498.5	480	0.0076
8	25.9	116550	1498.5	560	0.0072
9	29.6	133200	1498.5	640	0.0069
10	33.3	149850	1498.5	720	0.0068

Sumber : Data Primer 2008

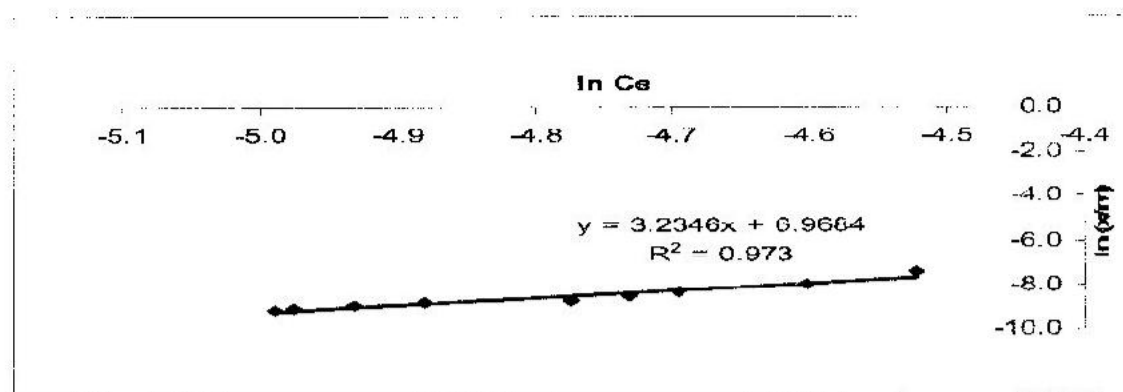
4. Model Freundlich

Hasil jerapan terhadap bahan aktif Carbofuran ditunjukkan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Perhitungan Model Adsorpsi Linier Freundlich Dan Langmuir, Jerapan Bahan Aktif Carbofuran Pada Kolam Enceng Gondok.

m (g/L)	x = Co-Ce (g/L)	x/m	X = ln Ce	Y = ln (x/m)
11.1111	0.0068	0.0006	-4.5229	-7.3940
22.2222	0.0077	0.0003	-4.6021	-7.9729
33.3333	0.0086	0.0003	-4.6954	-8.2680
44.4444	0.0089	0.0002	-4.7306	-8.5194
55.5556	0.0092	0.0002	-4.7745	-8.7008
66.6667	0.0101	0.0002	-4.8800	-8.7956
77.7778	0.0105	0.0001	-4.9325	-8.9120
88.8889	0.0108	0.0001	-4.9762	-9.0165
100.0000	0.0109	0.0001	-4.9893	-9.1260

Sumber : Data Primer 2008



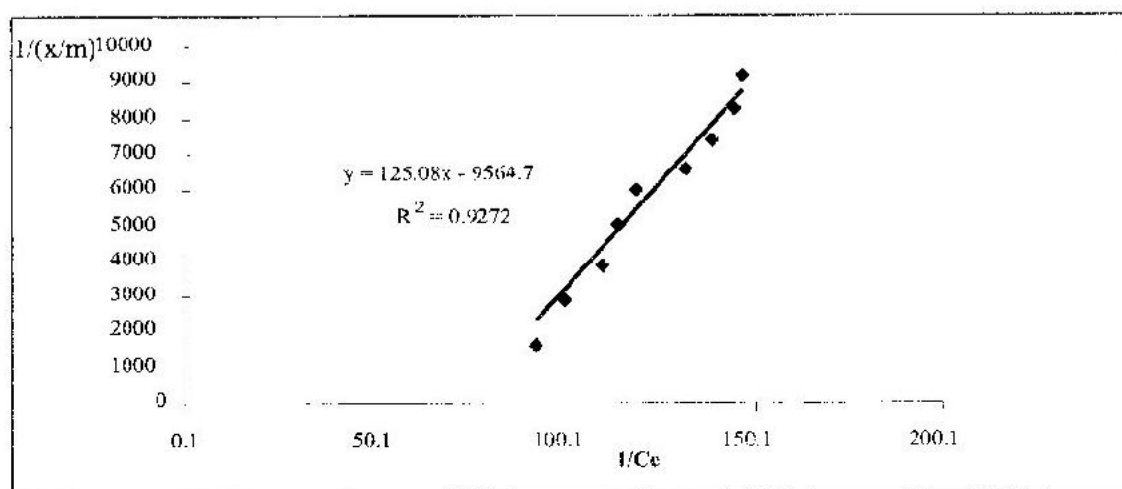
Gambar 4. Grafik hubungan $\ln (x/m)$ dan $\ln Ce$ Pemodelan Freundlich Jerapan Carbofuran Pada Kolam Enceng Gondok $\ln (x/m) = 3.2346 \ln Ce - 6.9684$ (Sumber: Data Primer 2008)

Dari grafik di atas diperoleh model jerapan carbofuran mengikuti persamaan garis linear $\ln(x/m) = 3.2346 \ln C_e - 6.9684$. Dari persamaan tersebut didapat nilai – nilai model Freundlich sebagai berikut: $k = 0.000941158$, $1/n = 3.2346$ sehingga diperoleh model Freundlich sebagai berikut: $x/m = 0.00094 C_e^{3.2346}$

Persamaan ini menunjukkan perbandingan massa terjerap dengan massa penyerap sebanding dengan perkalian koefisien adsorpsi dengan konsentrasi setimbang dari pencemar. Kondisi ini dipertegas dengan adanya nilai korelasi sebesar 0,973 yang menunjukkan tingkat signifikansi dari model, sehingga model tersebut dapat diterima sebagai model jerapan Carbofuran oleh enceng gondok.

5. Model Langmuir

Sedangkan dari perhitungan dengan menggunakan model Langmuir didapatkan persamaan regresi linier: $x/m = (0.0009)(8.7446)C/(1+8.7446C)$, dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 5: Grafik hubungan (1/Ce) dan 1/(x/m) pemodelan Langmuir jerapan Carbofuran pada kolam enceng gondok (Sumber: Data Primer 2008)

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa perbandingan massa yang terjerap dengan massa penyerap sebanding dengan konstanta maksimum zat yang terjerap dalam fasa padat dengan persamaan linier:

$$x/m = 0.0079C/(1+8.7446C)$$

Model Freundlich yang diperoleh dapat diaplikasikan di dunia industri untuk pengendalian pencemaran akibat penggunaan pestisida dengan menanam enceng gondok agar terjadi penurunan konsentrasi bahan aktif carbofuran. Pada

unit pengolahan limbah dengan konsentrasi awal awal (C_0 ppm) akan diturunkan menjadi 1 ppm sesuai dengan baku mutu limbah industri formulasi pestisida dengan kolam kisi berisi tanaman enceng gondok sejumlah 150.000 gram. Maka dengan menggunakan persamaan:

$$x/m = 0.00094 C_e^{3.2346}$$

harus ditentukan beban cemaran maksimal yang akan diproses dalam kolam kisi enceng gondok sebesar $C_0 = 0,014$ g/l

6. Perhitungan Biaya Operasional.

Biaya operasional untuk proses penjerapan bahan aktif limbah pestisida dapat dilihat dari perhitungan sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan Biaya Operasional

Pekerjaan	Karbon Aktif		Enceng Gondok	
Pembelian Adsorben (pack)	Rp	2,000,000	-	
Tenaga Penggantian (1 orang)	Rp	17,340	Rp	5,780
Pembuangan Limbah Adsorben	Rp	170,200	Rp	85,100
Make up adsorben		3 bulan		1 minggu
Volume Limbah		108 m ³		9 m ³
Total biaya	Rp	2,187,540	Rp	90,880
Biaya per m ³	Rp	20,255	Rp	10,097

Sumber : Data Primer 2008

Tampak perbandingan biaya yang cukup significant sehingga cara pengolahan limbah industri menggunakan enceng gondok lebih ekonomis. Proses make up limbah enceng gondok harus diolah dan kategorikan sebagai bahan B3 karena dari analisa bahan aktif pestisida carbofuran masih terkandung dalam limbah enceng gondok. Residu pestisida carbofuran 0.41 ppm sedangkan baku mutu yang diperbolehkan adalah tidak ada kandungan residu pestisida.

KESIMPULAN

1. Enceng gondok dapat menurunkan konsentrasi bahan aktif carbofuran pada setiap penambahan waktu di skala laboratorium dengan persamaan garis eksponensial $y = 0.3742\ln(x) - 1.4524$
2. Enceng gondok dapat mendegradasi Carbofuran pada kolam enceng gondok dengan dipengaruhi oleh sinar matahari dimana pada siang hari memiliki efisiensi penjerapan 82,21% pada antara pukul 11.00 - 12.00.
3. Model persamaan konsentrasi

jerapan Carbofuran pada kolam enceng gondok secara keseluruhan mengikuti model Freundlich $x/m = 9.4 \cdot 10^{-4} C^{0.2346}$. Secara ekonomis pengolahan limbah cair pestisida dengan enceng gondok lebih murah yaitu Rp 10.097,- per m³ dari pengolahan menggunakan arang aktif yaitu Rp 20.255,- per m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernard, A. and Lauwers. 1984. Cadmium in Human Population. Exsperientia 40, Birkhauser Verlag CH-4010 Bazel/Switzerland. P. 143-151
- Connel, D.W., G.J. Miller. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Universitas Indonesia Press. Jakarta, hal. 330-331
- Dix H.M. 1981. Environmental Pollution. John Willey and Son, new York. P. 3-180
- Fitter, A.H dan Hay R.K.M. 2003. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gadjah Mada University Press,

Yogyakarta

Hadie, W. dan Suprianata, J. 1986. Teknik Budidaya Bandeng. Bhratara Karya Karya Aksara, Jakarta. P.3

Hasim. 2003. Enceng gondok Pembersih polutan Logam Berat. Kompas. 2 Juli 2003. Jakarta

Hogan. M, Patmore .L. 1973. Computer Modeling of Pesticide Transpor In Soil for Five Instrumented Wathersheds. EPA., Athens, California

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 51/MenLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Pestisida (Formulasi)

Komisi Pestisida. 1993. Pestisida Higiene Lingkungan. Deptan, Jakarta.

Oedin, H., 1980. Pengaruh Beberapa faktor pr Lingkungan terhadap Kecepatan Pertumbuhan Eceng Gondok. Berita Panel Pert.10(6):18-24

Orth, H. 1989. Kolam Enceng Gondok untuk membersihkan Air limbah industri. Yayasan Obor Indonesia

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2000 Pencemaran Bahan Agrokimia. Bogor

Pikukuh, B., 1989. Pengendalian Pencemaran Dalam Kawasan dan Penyebaran Informasi mengenai Bahan-Bahan Berbahaya. Makalah Sem.penseb.Info.PT SIER:12-13

Purwanto, 2005. Permodelan Rekayasa Proses dan lingkungan, Badan

Penerbit Universitas Diponegoro.

Peraturan Daerah Jawa Tengah no 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya yang Belum Ada Baku Mutunya.

Rudi C.Terumingkeng, 2005 Jurnal insektisida dalam penggolongan, formulasi dan aplikasi. Hal 6-13

Soemarwoto, O. 1983. Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Jambatan, Bandung. P.145-148.

Sugiharto. 2005. Dasar-dasar Pengolahan Air limbah. Universitas Indonesia Press. Jakarta, hal. 5-10; 30.

Tandjung, H.S.D. 1983. Penentuan Toksisitas Suatu Bahan Pencemar lingkungan Perairan. Kursus Analisis Dampak Lingkungan I, Mei 1983. Pusat Studi lingkungan UGM, Yogyakarta. P.1-10.

Widyanto, L.S.dan II.Suselo, 1977. Pencemaran air oleh logam berat dan hubungannya dengan enceng gondok. Rawa pening. Biotrop (247):41-47.

Walverton, B.J. and McDonald, R.J., 1979. Water Hyacinth and Alligator for Removal of Lead and mercury From Polluted Water, NASA tech, Memorandum, T.M. 72-73.

Ward, F.J. 1982. Laboratory study of The Accumulation and Distrubution of Cd in the Sydney Rock Ovster Saccostrea Commercialis. Aust. J.Mar.Fresh. Wat.Res. 33: 33-34.