



**KAJIAN ISOTERM ADSORPSI ION Ni(II) dan Zn(II) PADA
BIOMASSA *Porphyridium* sp. YANG DIMODIFIKASI
DENGAN SILIKA – MAGNET**

Rio Wicaksono¹⁾, Buhani¹⁾ dan Suharso¹⁾

¹⁾Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Lampung
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung
Surel: uhmseung@gmail.com

ABSTRACT

It had been conducted a research about the adsorption of metal ions Ni (II) and Zn (II) of the algae biomass *Porphyridium* sp. modified by a silica matrix (PS) via sol gel process coated with magnetite (PSM). Material characterization of synthesis result was done with IR spectrophotometer to identify functional groups. Metal ion adsorption of Ni(II) and Zn(II) by PS and PSM was optimum at a concentration of 300 ppm with contact time at 60 minutes. Each of adsorption capacity of Ni (II) and Zn (II) ion by PS was 33.00 and 62.43 mg/g while on the PSM was 35.00 and 46.00 mg/g, respectively.

Keywords : adsorption, heavy metals, *Porphyridium* sp., silica – magnetite.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang adsorpsi ion logam Ni(II) dan Zn(II) pada biomassa alga *Porphyridium* sp. yang dimodifikasi oleh matriks silika (PS) melalui proses sol gel teknik pelapisan dengan magnetit (PSM). Karakterisasi material hasil sintesis dilakukan dengan spektrofotometer IR untuk mengidentifikasi gugus fungsi. Adsorpsi ion logam Ni(II) dan Zn(II) oleh PS dan PSM masing – masing optimum pada pada konsentrasi 300 ppm dengan waktu kontak 60 menit. Kapasitas adsorpsi ion Ni(II) dan Zn(II) oleh PS masing-masing adalah 33,00 dan 62,43 mg/g sedangkan pada PSM masing-masing 35,00 dan 46,00 mg/g.

Kata kunci: adsorpsi, logam berat, *Porphyridium* sp., silika – magnetit.

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan sangat erat kaitannya terhadap penggunaan logam berat oleh manusia (Rochyatun *et al.*, 2006). Pencemaran logam berat banyak disumbangkan dari aktivitas pertanian seperti pembuatan pupuk dan pemberian insektisida yang mengandung logam berat, kegiatan pabrik, serta kegiatan pembuatan keramik dan peleburan logam. Apabila kegiatan tersebut dilakukan secara

terus menerus setiap harinya, mengakibatkan terakumulasinya logam-logam berat dalam jumlah yang banyak (Suhendrayatna, 2001).

Untuk mengurangi pencemaran logam berat telah banyak teknik yang digunakan antara lain dengan metode: koagulasi, kompleksasi, pertukaran ion dan teknik adsorpsi. Dari beberapa metode tersebut, metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengurangi dampak pencemaran logam berat. Metode adsorpsi ini memiliki beberapa keuntungan antara lain, prosesnya sangat sederhana, biaya yang digunakan lebih murah (Buhani *et al.*, 2010) serta tak memiliki efek samping yang beracun (Purwaningsih, 2009). Salah satu contoh adsorben alternatif yang diketahui memiliki kemampuan adsorpsi cukup baik yaitu mikroalga (Cervantes *et al.*, 2001).

Alga hampir dapat dijumpai di setiap perairan dan harganya pun relatif lebih murah (Sadhori, 1995). Secara biokimia alga mudah terdegradasi oleh aktivitas bakteri sehingga penggunaan biomassa alga sebagai bioadsorben relatif lebih aman bagi lingkungan. Alga juga mempunyai kemampuan mengikat ion logam yang cukup tinggi dan kemungkinan pengambilan kembali ion logam tersebut relatif lebih mudah (Buhani *et al.*, 2010). Ada beberapa jenis alga yang sering dijumpai yakni alga merah, alga hijau, dan alga coklat.

Alga-alga tersebut mampu menyerap logam dengan sendirinya karena memiliki gugus fungsi antara lain: gugus karboksil, hidroksil, dan amino yang terdapat di dalam dinding sel pada sitoplasma (Mahan & Helcombe, 1989). Namun, alga-alga tersebut mampu terdegradasi oleh bakteri-bakteri dan oleh mikroorganisme lainnya. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan modifikasi untuk mengoptimalkan penyerapan logam pada alga. Salah satu matriks yang sering digunakan dalam memodifikasi biomassa alga adalah silika. Silika gel merupakan padatan anorganik yang memiliki sisi aktif

permukaan seperti gugus silanol (-Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) yang dapat berikatan secara kimia dengan gugus-gugus fungsi yang terdapat pada biomassa alga serta mempunyai luas permukaan yang besar. Beberapa penelitian tentang hasil modifikasi biomassa alga menunjukkan bahwa adsorben hasil modifikasi mampu menyerap logam dengan baik seperti yang telah dilaporkan oleh Buhani & Suharso (2009) tentang imobilisasi biomassa *Nanochloropsis* sp. dengan teknik sol – gel. Untuk lebih meningkatkan daya adsorpsi hasil modifikasi biomassa alga – silika maka dilakukan teknik pelapisan silika – magnetit.

Teknik pelapisan silika dengan partikel magnetit digunakan agar adsorben memiliki kapasitas dan selektivitas yang besar terhadap logam yang teradsorpsi serta dapat memisahkan logam dengan cepat (Peng *et al.*, 2010). Dengan menggunakan teknik tersebut maka diharapkan biomassa *Porphyridium* sp. – silika dapat menghasilkan adsorben yang efektif terhadap logam berat serta bersifat ramah lingkungan karena tidak memiliki produk samping seperti padatan tersuspensi.

METODE

Alat dan Bahan. Penyiapan alga *Porphyridium* sp. di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung (BBPBL). Karakterisasi material menggunakan spektrofotometer infra merah (IR), difraksi sinar-X (XRD) serta uji adsorpsi menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium, gelas kimia plastik, neraca analitik, oven, labu ukur, pH indikator universal, *magnetic stirrer*, kertas saring *Whatman* No. 42, sentrifuga, spektrofotometer IR Shimadzu, spektrofotometer serapan atom (SSA) Perkin Elmer seri AA 3110.



Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah, biomassa alga *Porphyridium* sp., akuades, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, larutan HCl 1M, $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, etanol p.a., NH_4OH 1 M, TEOS, CH_3COONa 0,1 M, HNO_3 0,1 M, NaOH 0,1 M.

Metode Kerja

Sintesis. Sebanyak 5 mL TEOS dicampurkan dengan akuades ke dalam gelas plastik. Kemudian ditambahkan HCl hingga pH larutan mencapai pH 2 dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 40 menit (Larutan A). Di tempat lain, sebanyak 0,4 g biomassa *Porphyridium* sp. dicampur dengan etanol, campuran tersebut dimasukkan ke dalam gelas plastik kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 30 menit (Larutan B). Setelah larutan A homogen, Larutan B ditambahkan ke dalam larutan A disertai pengadukan menggunakan pengaduk magnet sampai larutan tersebut menjadi gel. Gel yang terbentuk disaring dengan kertas saring *Whatmann* No. 42, lalu didiamkan selama 24 jam. Gel kemudian dibilas dengan menggunakan akuades dan etanol (60:40) hingga $\text{pH} \approx 7$. Selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 40 – 60 °C selama 2-3 jam dan digerus hingga halus.

Sebanyak 5 mL TEOS dimasukkan ke dalam akuades, kemudian ditambahkan magnetit sebanyak 0,1 g, dimasukkan ke dalam wadah plastik, diaduk selama 30 menit. Saat pengadukan, ditambahkan HCl tetes demi tetes hingga pH larutan mencapai pH 2 (Larutan C). Di wadah lain, biomassa *Porphyridium* sp sebanyak 0,4 g dicampur dengan etanol, kemudian diaduk selama 30 menit (Larutan D). Selanjutnya (larutan C) dicampur dengan (Larutan D) disertai pengadukan hingga larutan menjadi homogen dan membentuk suatu gel. Gel yang terbentuk kemudian didiamkan selama 24 jam. Gel kemudian dicuci menggunakan akuades dan etanol (60:40) hingga pH filtrat mendekati

pH 7. Lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 40 – 60 °C selama 2-3 jam dan digerus hingga halus.

Uji Adsorpsi. Sebanyak 50 mg material alga (PS dan PSM) dimasukkan masing-masing ke dalam 6 tabung reaksi. Kemudian sebanyak 20 mL larutan ion logam Ni(II) dengan konsentrasi yang berbeda yakni, 0-300 ppm. Masing-masing labu erlenmeyer dibuat kondisi pH optimum sesuai hasil percobaan (a) dan diaduk selama 1 jam. Kemudian larutan dipisahkan dan filtrat yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan SSA. Prosedur ini juga diterapkan dengan menggunakan larutan ion logam Zn(II).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis. Hasil sintesis dari biomassa alga *Porphyridium* sp. dengan TEOS (PS) dan pelapisan dengan magnet (PSM), dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada biomassa alga, PS, dan PSM, seperti yang disajikan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1a dapat diamati bahwa spektra IR biomassa alga *Porphyridium* sp. menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang 3458,58 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus –OH yang terikat pada C=O, diperkuat dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang 1427,32 cm^{-1} yang merupakan serapan khas dari suatu asam karboksilat. Pada bilangan gelombang 3749,62 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus N – H primer, diperkuat dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang 856,39 cm^{-1} . Serapan pada bilangan gelombang 2924,09 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C – H terhibridisasi sp^3 yakni dari suatu rantai karbon CH_2 dan CH_3 yang berasal dari gugus organik pada biomassa alga. Pada Gambar 1b yang merupakan spektra IR dari PS dan 1c dari PSM menunjukkan adanya bilangan gelombang pada 2931,80 cm^{-1}

yang menunjukkan vibrasi ulur dari C – H yang menunjukkan adanya gugus alifatik (CH_2). Adanya gugus siloksan diperkuat dengan adanya serapan pada $856,39 \text{ cm}^{-1}$ yang berasal vibrasi ulur simetris dari Si – O dan puncak pada $432,05 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk dari Si – O dari gugus siloksan (Si – O – Si) untuk spektra *IR*. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa sintesis PS dan PSM telah berhasil dilakukan yang didukung dengan hasil karakterisasi dengan spektrofotometer *IR*.

Uji Adsorpsi. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ion Ni(II) dan Zn(II) pada adsorben dianalisis dengan menggunakan model isoterm adsorpsi persamaan Langmuir ($C/n = 1/n_m K + C/n_m$) dan Freundlich ($\log q_e = \log k_f + 1/n \log C_e$) (Buhani *and* Suharso, 2009). Gambar 3 menunjukkan hubungan antara konsentrasi awal ion Ni(II) dan Zn(II) dengan jumlah logam yang teradsorpsi pada PS dan PSM.

Pada Gambar 3 dapat diamati bahwa, kapasitas adsorpsi untuk ion logam Ni(II) dan Zn(II) optimum pada konsentrasi awal ion logam sebesar 300 ppm. Lebih lanjut, data tersebut dianalisis dengan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich (Gambar 4) untuk menentukan parameter adsorpsi seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat diamati bahwa isoterm adsorpsi PS dan PSM untuk ion logam Ni(II) dan Zn(II) mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien korelasi (R^2) yang mendekati 1. Apabila nilai R^2 dibandingkan dengan model isoterm Freundlich, maka nilai R^2 pada model isoterm Langmuir jauh lebih besar daripada model isoterm Freundlich. Dengan demikian proses adsorpsi ion Ni(II) dan Zn(II) pada adsorben PS dan PSM mengikuti pola isoterm Langmuir.

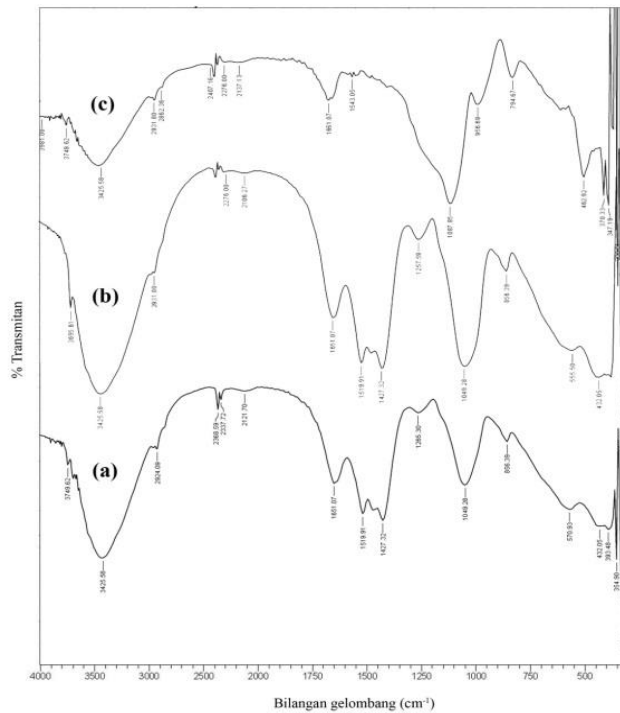
Model isoterm Langmuir mengindikasikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi untuk ion logam Ni(II) dan Zn(II) terjadi melalui interaksi kimia melalui situs aktif pada adsorben dengan ion logam Ni(II) dan Zn(II). Peningkatan daya adsorpsi pada PSM

untuk ion logam Ni(II) dan Zn(II) dikarenakan adanya pelapisan oleh magnetit. Sifat magnet dari adsorben dapat menarik ion logam menyebabkan adsorben lebih mampu menyerap logam melalui situs aktifnya, baik yang berasal dari gugus fungsi maupun dari sifat magnet adsorben yang disebabkan oleh pelapisan dengan partikel magnet. Model isoterm Langmuir mengindikasikan bahwa interaksi antara ion Ni(II) dan Zn(II) terjadi melalui interaksi kimia.

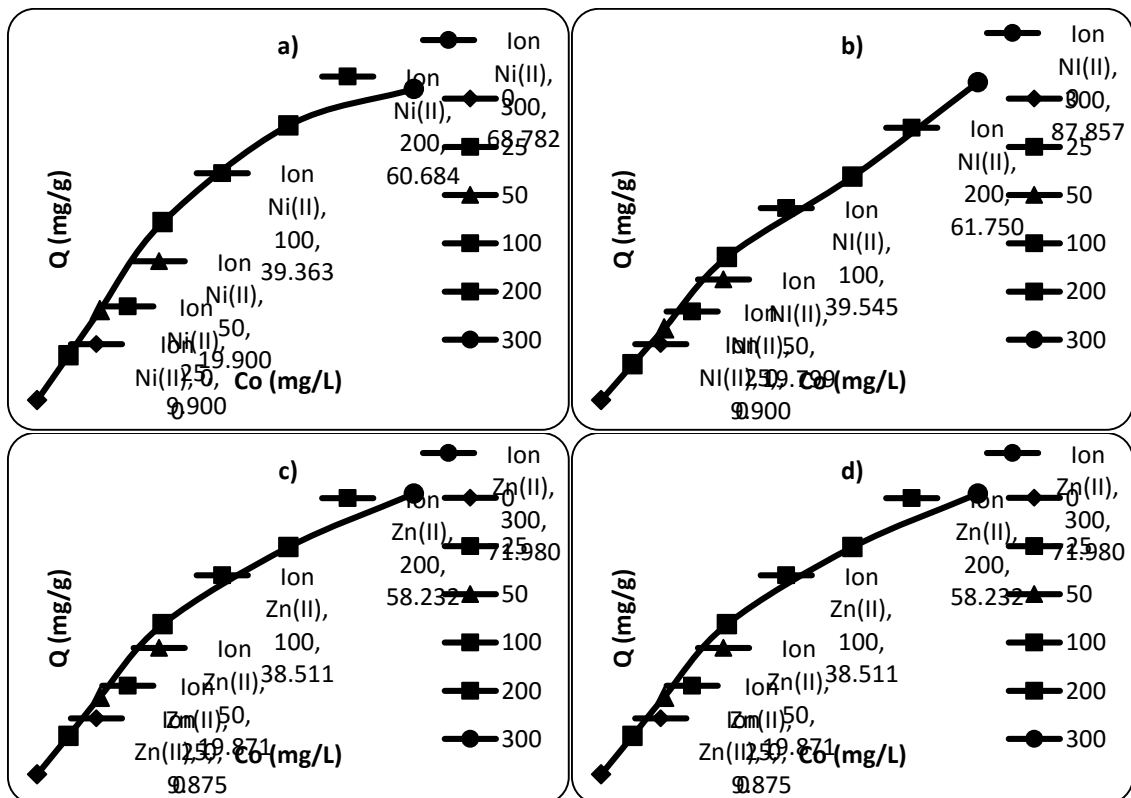
Apabila ditinjau dari harga energi adsorpsi yang dihasilkan dalam penelitian ini, seperti yang tertera pada Tabel 3, menunjukkan proses adsorpsi lebih cenderung terjadi melalui interaksi fisika. Dalam hal ini sejalan dengan pendapat Adamson *and* Gast (1990) bahwa batas bawah energi kimia adalah sekitar 20 kJ/mol.

Adanya perbedaan antara pola isoterm adsorpsi Langmuir yang menunjukkan interaksi kimia dengan harga energi adsorpsi yang cenderung menunjukkan interaksi fisika, ini disebabkan karena situs aktif pada permukaan adsorben yang berperan dalam penyerapan ion logam tidak hanya didominasi oleh gugus fungsi seperti karboksilat (COO^-) dan amina (NH_2) yang menghasilkan interaksi kimia. Akan tetapi dengan sifat magnet dari adsorben yang dihasilkan dari pelapisan partikel magnetit menyebabkan interaksi ion logam dengan adsorben PSM terjadi melalui interaksi fisika.

Dari uraian tersebut teknik pelapisan dengan magnetit dapat meningkatkan daya interaksi fisika yang menguntungkan jika adsorben akan digunakan secara berulang karena ion logam yang telah diserap akan dapat dilepaskan kembali atau didesorpsi dengan mudah.



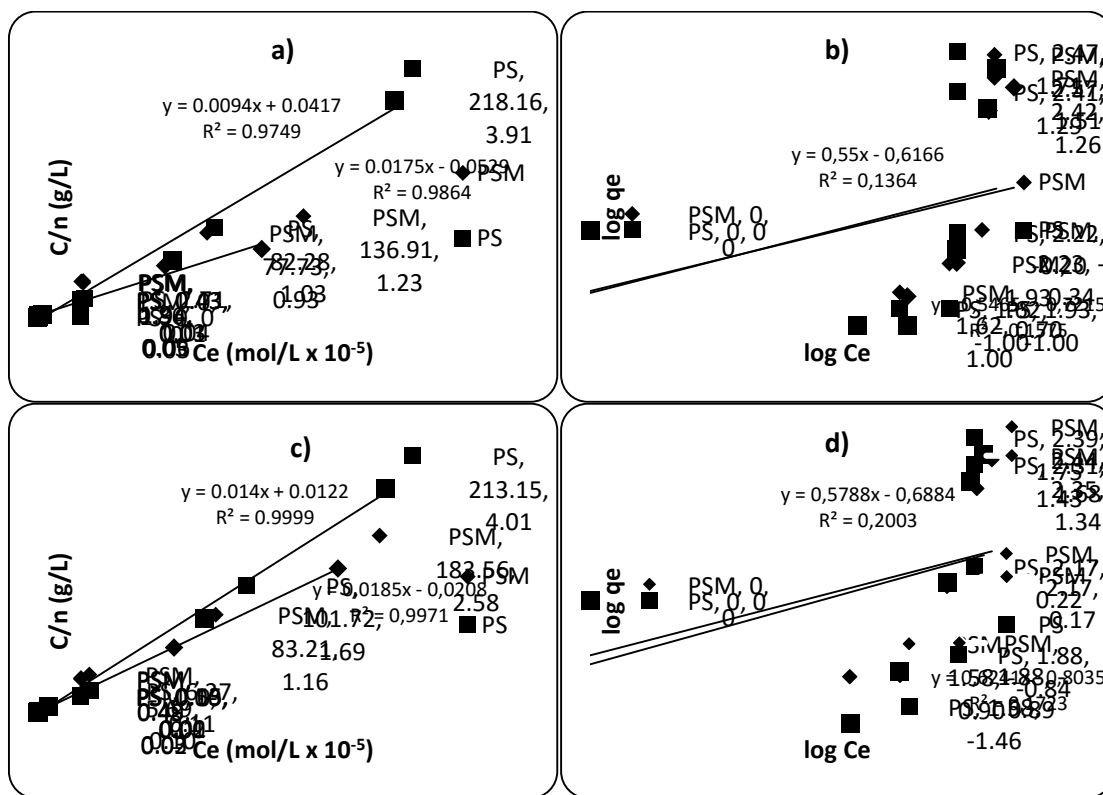
Gambar 1. Spektra IR biomassa alga *Porphyridium* sp. (a), PS (b), dan PSM (c).



Gambar 2. Grafik pengaruh konsentrasi awal ion logam Ni(II) pada PS (a) dan PSM (b); dan ion logam Zn(II) pada PS (a) dan PSM (b).

Tabel 1. Parameter isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich ion Zn(II) dan Ni(II) pada PS dan PSM.

Adsorben	Ion Logam	Parameter Isotherm Adsorpsi					
		Langmuir			Freundlich		
		b (mg/g)	K (L/mol)	R ²	E (KJ/mol)	kf (mg/g)	R ²
PS	Ni(II)	33,00	33,08	0,99	-8,73	5,27	0,16
	Zn(II)	35,00	88,97	0,99	-11,19	6,36	0,17
PSM	Ni(II)	62,43	22,54	0,97	-7,77	4,14	0,14
	Zn(II)	46,00	115,00	0,99	-11,83	4,88	0,20



Gambar 3. Pola isotherm adsorpsi Langmuir (a) dan Freundlich (b) ion logam Ni(II) dan pola isotherm adsorpsi Langmuir (c) dan Freundlich (d) ion logam Zn(II).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang didapat, dapat diambil beberapa kesimpulan yakni, sintesis biomassa alga *Porphyridium* sp. – silika (PS) dan PS – magnetit (PSM) berhasil



dilakukan, serta isoterm adsorpsi ion Ni(II) dan Zn(II) oleh adsorben cenderung mengikuti model isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi masing-masing ion sebesar 33,00; 35,00 mg/g untuk PS dan 62,43; 46,00 untuk PSM mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson AW & Gast AP. 1990. *Physical Chemistry Surface*. 6th edition. John Wiley and Sons inc. New York.
- Buhani & Suharso. 2009. Immobilization of *Nannochloropsis* sp biomass by sol-gel technique as adsorbent of metal ion Cu(II) from aqueous solution. *Asian Journal Chemistry* 21 (5): 3799-3808.
- Buhani, Suharso, & Sumadi. 2010. Adsorption kinetics and isotherm of Cd(II) ion on *Nannochloropsis* sp biomass-imprinted ionic polymer. *Desalination*. 259: 140-146.
- Cervantes C, Garcia J, Silvia D, Corona FG, Tavera HL, Gusman J, & Sanchez RM. 2001. Interaction of chromium with microorganisms and plant. *FEMS Microbiology Reviews* 25: 335-347.
- Mahan CA & Helcombe JA. 1989. The journal of evaluation of the metal uptake of several algae strain in multicomponent matrix using inductively coupled plasma emission spectrometry. *Journal of Analytical Chemistry*. 61: 624-627.
- Peng Q, Liu Y, Zeng G, Xu W, Yang C, & Zhang J. 2010. Biosorption of copper (ii) immobilizing *Saccharomyces cerevisiae* on the surface of chitosan coated magnetic nanoparticle from aqueous solution. *Journal of Hazardous Material* 177: 676-682.
- Purwaningsih. 2009. Adsorpsi multi logam Ag(I), Pb(II), Cr(II), Cu(II) dan Ni(II) pada hibrida etilendiamino-silika dari abu sekam padi. *Jurnal Penelitian Saintek* 14(1): 59-76.
- Rochyatun M, Kaisupy T, & Rozak A. 2006. Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di perairan muara sungai Cisadane. *Makara Sains* 10(1): 35-40.
- Sadhori SN. 1995. "Budidaya Rumput Laut" p. 29, Balai pustaka, Jakarta.
- Suhendrayatna. 2001. *Bioremoval logam berat dengan menggunakan mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan*. Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21, 1-14 Februari 2001.