

# PEMANFAATAN RUMPUT LAUT *Sargassum sp.* SEBAGAI ADSORBEN LIMBAH CAIR INDUSTRI RUMAH TANGGA PERIKANAN

## *Utilization of Seaweed Sargassum sp. as an Adsorbent for Fisheries Home Industry Liquid Waste*

Bustami Ibrahim\*, Dadi R. Sukarsa, Linda Aryanti

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

Diterima 5 Agustus 2011/Disetujui 14 Oktober 2011

### Abstract

Seaweed *Sargassum sp.* is able to adsorb organic materials in fisheries liquid waste because it contains polysaccharides, protein and lipid in cell wall surface that consist of functional groups like amino, hydroxyl, carboxyl and sulfate. This research aims were to determine the utilization of *Sargassum* as an adsorbent, the effect of chemical modification of *Sargassum* and adsorbent's weight in ability to adsorb fisheries liquid waste. Some parameters were tested in this research. Colour of liquid waste was observed visually, pH of liquid waste was tested by pH meter, turbidity was tested by turbidimeter, total suspended solids (TSS) was tested by gravimetry method and chemical oxygen demand (COD) was tested by closed reflux with titrimetry method. Reduction COD value of fisheries home industry liquid waste optimally can be achieved by *Sargassum* modified by acid. Optimal performance was obtained when the weight value of adsorbent between 1.0-2.0 gram in 100 ml liquid waste. Generally, optimal weight of adsorbent in order to reduce organic compounds was 1.0 gram in 100 mL fisheries home industry liquid waste. Using 1.0 gram *Sargassum* with acid modification made the liquid waste colour almost clearly, reached a pH level of 4.84, decreased turbidity level of 245 NTU, decreased TSS level of 851.7 mg/L and COD level of 720 mg/L.

Keyword: acid modification, adsorb, adsorbent, fisheries liquid waste, *Sargassum sp.*

### Abstrak

Rumput laut *Sargassum sp.* mampu mengadsorpsi bahan organik pada limbah cair perikanan karena mengandung polisakarida, protein atau lipid pada permukaan dinding selnya yang terdiri dari gugus fungsional, seperti amino, hidroksil, karboksil, dan sulfat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penggunaan *Sargassum* sebagai adsorben, pengaruh modifikasi kimia pada rumput laut *Sargassum* dan bobot adsorben yang digunakan terhadap kemampuan mengadsorpsi limbah cair perikanan. Beberapa parameter diuji selama penelitian. Warna limbah cair diamati secara visual, nilai pH diuji menggunakan pHmeter, kekeruhan dengan turbidimeter, total padatan tersuspensi (TSS) secara gravimetri dan COD dengan metode refluks tertutup secara titrimetri. Modifikasi optimum yang mampu menurunkan kadar COD limbah cair industri rumah tangga perikanan adalah modifikasi menggunakan asam. *Sargassum* sebagai adsorben limbah cair industri rumah tangga perikanan berfungsi dengan baik pada bobot 1,0-2,0 gram dalam 100 mL limbah cair. Bobot adsorben secara umum yang paling efektif dalam menurunkan beban limbah cair industri rumah tangga perikanan adalah pada bobot 1,0 gram dalam 100 mL limbah cair. Penggunaan 1,0 gram *Sargassum* modifikasi asam dapat menjadikan warna limbah cair menjadi agak bening, menurunkan pH menjadi 4,84, menurunkan nilai kekeruhan menjadi 245 NTU, nilai TSS sebesar 851,7 mg/L dan nilai COD sebesar 720 mg/L.

Kata kunci: adsorpsi, adsorben, limbah cair perikanan, modifikasi asam, *Sargassum sp.*

### PENDAHULUAN

Perkembangan industri perikanan saat ini menimbulkan permasalahan berupa pencemaran limbah cair yang dihasilkan

\*Korespondensi: Jln. Lingkar Akademik, Kampus IPB  
Dramaga 16680. Telp. +622518622915, Fax. +62251  
8622916. E-mail: [bustamibr@yahoo.com](mailto:bustamibr@yahoo.com)

selama proses produksi. Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik dengan konsentrasi yang sangat tinggi. Kandungan nutrisi organik yang tinggi pada limbah cair perikanan apabila berada dalam badan air akan menyebabkan eutrofikasi pada perairan (Aloui *et al.* 2009). Eutrofikasi dapat menyebabkan kematian organisme yang hidup di dalam air tersebut, pendangkalan, penyuburan ganggang dan menimbulkan bau yang tidak nyaman (Ibrahim 2005).

Proses adsorpsi merupakan salah satu metode yang efektif untuk menghilangkan komponen organik dari limbah buangan. Karbon aktif adalah adsorben yang banyak digunakan karena memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengadsorpsi komponen organik (Velmurugan *et al.* 2010). Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben sangat terbatas dan biayanya tidak ekonomis. Penggunaan biomaterial sebagai adsorben merupakan alternatif yang sangat potensial untuk menggantikan metode tersebut. Banyak penelitian yang telah membuktikan bahwa ganggang atau alga merupakan salah satu adsorben yang efektif pada pengolahan limbah (Antunes *et al.* 2003). Alga laut memiliki kemampuan mengadsorpsi karena mengandung polisakarida, protein atau lipid pada permukaan dinding selnya yang terdiri dari gugus fungsional, seperti amino, hidroksil, karboksil dan sulfat (Kannan *et al.* 2010). Pemanfaatan *Sargassum* dalam pengolahan limbah tekstil diharapkan juga bisa dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair perikanan.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh penggunaan *Sargassum* sebagai adsorben, pengaruh modifikasi kimia pada rumput laut *Sargassum* dan bobot adsorben yang digunakan terhadap kemampuan mengadsorpsi limbah cair perikanan.

## MATERIAL DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah rumput laut coklat *Sargassum* sp., limbah cair

industri rumah tangga perikanan, indikator Ferroin, dan larutan Ferrous Amonium Sulfat (FAS).

### Metode Penelitian

Penelitian meliputi beberapa tahapan, yaitu preparasi adsorben, analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan, penentuan modifikasi adsorben, penentuan lama waktu pengadukan, penentuan selang bobot adsorben optimum serta penentuan bobot adsorben optimum. Rumput laut *Sargassum* yang telah dikeringkan digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan adsorben. Limbah cair yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair dari proses perebusan bakso ikan salah satu unit industri rumah tangga. Air sisa perebusan bakso ikan tersebut tidak dimanfaatkan dan langsung dibuang ke perairan. Penumpukan limbah cair tersebut menyebabkan perairan berwarna hijau dan menimbulkan aroma yang tidak sedap.

Perlakuan modifikasi adsorben yang dilakukan berupa modifikasi asam (HCl 0,1 M), kalsium ( $\text{CaCl}_2$  0,2 M) dan aldehid ( $\text{CH}_2\text{O}$  36% dan HCl 0,1 M). Analisis yang dilakukan pada penentuan modifikasi adsorben optimum adalah analisis warna secara visual dan analisis nilai COD, sedangkan pada penentuan lama waktu pengadukan dan penentuan selang bobot adsorben optimum dilakukan analisis nilai pH dan kekeruhan serta warna secara visual. Beberapa parameter uji yang diteliti pada analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan dan penentuan bobot adsorben optimum adalah parameter warna secara visual, nilai pH dengan menggunakan pH meter, nilai kekeruhan dengan turbidimeter, nilai TSS secara gravimetri dan nilai COD dengan metode refluks tertutup secara titrasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preparasi Adsorben

Kadar air rata-rata dari *Sargassum* kering yang digunakan sebagai adsorben adalah 12,37%. Adsorben yang dihasilkan berwarna

coklat dengan ukuran  $\pm 80$  mesh. Adsorben merupakan suatu bahan (padatan) yang dapat mengadsorpsi adsorbat (Fransiscus *et al.* 2007). Adsorpsi merupakan suatu gejala permukaan terjadi penyerapan atau penarikan molekul-molekul gas atau cairan pada permukaan adsorben (Yun *et al.* 2001).

### Analisis Limbah Cair Industri Rumah Tangga Perikanan

Hasil analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan disajikan pada Tabel 1. Nilai parameter pH, kekeruhan, TSS dan COD limbah cair melebihi nilai baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan oleh keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10/1995. Nilai pH limbah cair industri rumah tangga perikanan yang diuji adalah 5,95; sedangkan menurut baku mutu limbah cair industri, limbah yang bisa dibuang langsung ke perairan adalah yang memiliki pH 6-9. Parameter kekeruhan tidak dijadikan sebagai baku mutu dalam daftar peraturan pemerintah Republik Indonesia tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri karena kekeruhan terkait secara langsung dengan kandungan total tersuspensi (TSS). Nilai COD limbah yang sesuai dengan baku mutu limbah berkisar antara 100-300 mg/L, sedangkan nilai COD limbah yang digunakan pada penelitian ini sebesar 3487-3713 mg/L. Nilai TSS limbah cair yang digunakan berkisar antara 4146,2-4240,2 mg/L, nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai baku mutu limbah yang telah ditetapkan, yaitu 200-400 mg/L.

Tabel 1 Karakteristik limbah cair industri rumah tangga perikanan

Parameter	Nilai
Warna	Keruh
pH	5,95 $\pm$ 0,02
Kekeruhan (NTU)	785,00 $\pm$ 63,60
COD (mg/L)	3600 $\pm$ 113,0
TSS (mg/L)	4193,2 $\pm$ 47,0

Keterangan : Data dari rata-rata dua kali ulangan  
NTU : Nephelometric Turbidity Unit

### Modifikasi Adsorben

Hasil analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan pada perlakuan modifikasi adsorben disajikan pada Tabel 2. Perlakuan modifikasi asam menyebabkan warna limbah yang semula keruh menjadi agak bening. Perlakuan adsorben dengan modifikasi asam juga mampu menurunkan nilai COD limbah cair industri rumah tangga perikanan, yang semula 3600 mg/L menjadi 960 mg/L. Alga laut mengandung komponen organik dalam jumlah yang tinggi, seperti karbohidrat, protein, lipid dan pigmen. Sebagian dari komponen tersebut akan larut dalam air selama proses adsorpsi, hal tersebut terlihat dari perubahan warna yang terjadi pada air setelah adsorpsi. Warna air berubah menjadi kekuningan atau kehijauan (Kleinubing *et al.* 2010). Modifikasi permukaan merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Beberapa modifikasi yang dilakukan terhadap *Sargassum* sebagai adsorben, yaitu modifikasi asam, modifikasi aldehid dan modifikasi kalsium (Rubin *et al.* 2005).

### Penentuan Lama Waktu Pengadukan

Beberapa perlakuan yang diujikan pada penelitian ini adalah 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Hasil analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan pada perlakuan lama waktu pengadukan disajikan pada Tabel 3. Perlakuan lama waktu pengadukan selama 15 menit menyebabkan perubahan warna limbah cair industri rumah tangga perikanan yang semula keruh menjadi agak bening. Penurunan pH disebabkan oleh adanya tumbukan antara partikel koloid limbah yang terikat dengan adsorben yang mengandung asam sehingga terjadi pelepasan ion H<sup>+</sup> ke dalam larutan (Parubak *et al.* 2001). Semakin lama waktu pengadukan yang dilakukan maka semakin banyak ion H<sup>+</sup> yang dilepaskan sehingga pH limbah mengalami penurunan.

Tingkat kekeruhan limbah cair perikanan yang terbaik terlihat pada perlakuan selama 15 menit, yaitu 320 NTU. Lama

Tabel 2 Hasil analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan pada perlakuan modifikasi adsorben

Perlakuan	Warna	COD (mg/L)
Kontrol	Keruh	3600
Adsorben tanpa modifikasi	Kecoklatan	1600
Adsorben modifikasi asam (HCl 0,1 M)	Agak bening	960
Adsorben modifikasi kalsium(CaCl <sub>2</sub> 0,2 M)	Kekuningan	1920
Adsorben modifikasi aldehid (CH <sub>2</sub> O 36% dan HCl 0,1 M)	Kecoklatan	2080

Tabel 3 Hasil analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan pada perlakuan lama waktu pengadukan

Lama waktu pengadukan (menit)	Warna	pH	Kekeruhan (NTU)
0 (Kontrol)	Keruh	5,95	785
15	Agak bening	5,69	320
30	Agak keruh	5,36	410
45	Agak keruh	5,33	470
60	Agak keruh	5,31	540

Tabel 4 Hasil analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan pada perlakuan selang bobot adsorben optimum

Bobot adsorben (gram) dalam 100 mL limbah cair	Warna	pH	Kekeruhan (NTU)
Kontrol (0)	Keruh	5,95	785
0,1	Keruh	5,78	540
0,5	Keruh	5,57	520
1,0	Agak Bening	4,94	129
1,5	Agak Bening	4,63	143
2,0	Agak Bening	4,56	167

waktu pengadukan yang melebihi 15 menit menyebabkan kekeruhan pada limbah cair industri rumah tangga perikanan, hal ini sesuai dengan penelitian Raghuvanshi *et al.* (2004) yang menyatakan bahwa efisiensi penyerapan berbanding lurus dengan waktu sampai pada titik tertentu, kemudian mengalami penurunan setelah melewati titik tersebut.

#### Penentuan Selang Bobot Adsorben Optimum

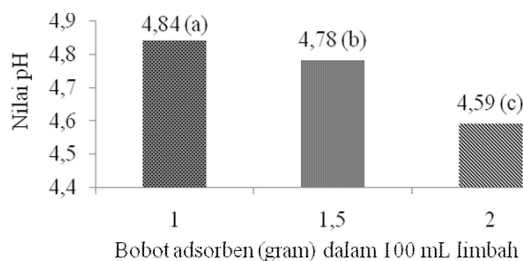
Beberapa perlakuan yang dicoba pada penelitian ini adalah adsorben dengan bobot

0,1 g, 0,5 g, 1,0 g, 1,5 g dan 2,0 g. Hasil analisis limbah cair industri rumah tangga perikanan pada perlakuan selang bobot adsorben optimum disajikan pada Tabel 4. Perlakuan bobot adsorben mampu mengurangi tingkat kekeruhan limbah. Penambahan adsorben dengan bobot yang berbeda-beda juga mempengaruhi pH. Semakin besar bobot adsorben yang ditambahkan, maka semakin rendah nilai pH limbah cair industri rumah tangga perikanan tersebut, hal ini disebabkan adanya pengaruh modifikasi asam yang digunakan pada adsorben. Penelitian

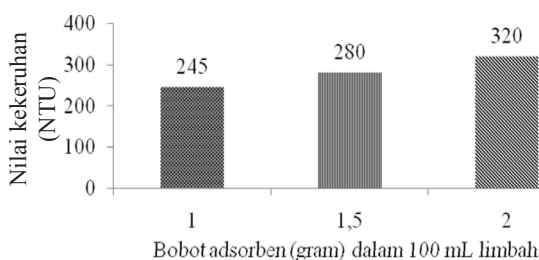
menghasilkan tiga perlakuan bobot adsorben terbaik dalam mengurangi nilai kekeruhan limbah cair industri rumah tangga perikanan. Perlakuan yang dijadikan sebagai perlakuan utama adalah adsorben dengan bobot 1,0 g; 1,5 g dan 2,0 g. Penentuan perlakuan tersebut didasarkan pada hasil pengamatan parameter warna limbah dan nilai kekeruhan.

### Penentuan Bobot Adsorben Optimum Perubahan warna

Secara visual warna limbah cair industri rumah tangga perikanan yang digunakan pada penelitian ini berwarna keruh. Penambahan adsorben pada limbah cair industri rumah tangga perikanan tersebut, menyebabkan terjadinya perubahan warna yang nyata, limbah yang semula berwarna keruh menjadi berwarna agak bening. Perubahan warna limbah perikanan dari yang berwarna keruh menjadi agak bening pada semua perlakuan disebabkan adsorben mengikat partikel-partikel koloid yang mengakibatkan warna



Gambar 1 Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai pH dalam 100 mL limbah cair industri rumah tangga perikanan. Angka-angka pada diagram batang yang diikuti huruf (a,b,c) menunjukkan bobot adsorben memberikan pengaruh berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai pH.



Gambar 2 Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai kekeruhan dalam 100 mL limbah cair industri rumah tangga perikanan.

keruh pada limbah cair perikanan. Rumput laut *Sargassum* merupakan alga laut coklat yang mempunyai kemampuan absorpsi yang tinggi dikarenakan dinding selnya mengandung polisakarida (Kleinubing *et al.* 2010).

### Nilai pH

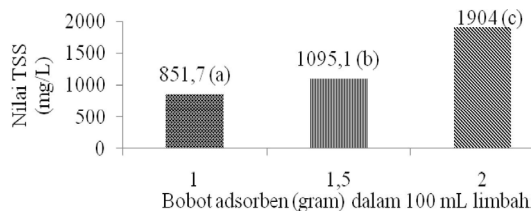
Peningkatan bobot adsorben yang digunakan sebanyak 1,0, 1,5 dan 2,0 g dalam 100 mL limbah cair memberikan pengaruh terhadap nilai pH limbah cair industri rumah tangga perikanan. Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai pH limbah cair industri rumah tangga perikanan disajikan pada Gambar 1. Jumlah bobot adsorben yang ditambahkan berbanding terbalik dengan pH limbah cair industri rumah tangga perikanan. Semakin besar bobot adsorben yang ditambahkan maka akan semakin rendah nilai pH limbah cair industri rumah tangga perikanan, hal ini disebabkan adsorben yang digunakan telah mengalami modifikasi kimia dengan asam, yaitu asam klorida (HCl 0,1 M).

Aktivasi dengan asam klorida menyebabkan keasaman pada rumput laut. Keasaman rumput laut disebabkan adanya proton yang dapat terdisosiasi atau terlepasnya ion-ion  $H^+$  dari gugus-gugus karboksilat (-COOH) dan gugus hidroksil (-OH) yang terdapat pada adsorben rumput laut *Sargassum*. Peningkatan keasaman permukaan yang terjadi pada adsorben tersebut disebabkan oleh pembentukan situs-situs aktif karena diaktivasi diberi perlakuan dengan asam sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Aktivasi adsorben dengan asam klorida juga dapat mengurangi pengotor-pengotor yang terdapat pada adsorben (Sudiarta 2009).

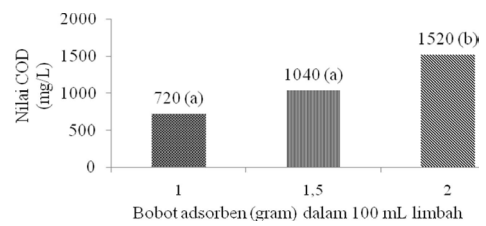
### Nilai kekeruhan

Peningkatan bobot adsorben yang digunakan (1,0, 1,5 dan 2,0 g dalam 100 mL limbah cair) tidak memberikan pengaruh terhadap kualitas limbah cair industri rumah tangga perikanan. Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai kekeruhan dalam 100 mL





Gambar 3 Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai TSS dalam 100 mL limbah cair industri rumah tangga perikanan. Angka-angka pada diagram batang yang diikuti huruf (a,b,c) menunjukkan bobot adsorben memberikan pengaruh berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai TSS.



Gambar 4 Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai COD dalam 100 mL limbah cair industri rumah tangga perikanan. Angka-angka pada diagram batang yang diikuti huruf (a,b,c) menunjukkan bobot adsorben memberikan pengaruh berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai COD.

limbah cair industri rumah tangga perikanan disajikan pada Gambar 2. Semua pelakuan bobot adsorben yang ditambahkan mampu menurunkan nilai kekeruhan limbah cair industri rumah tangga perikanan.

#### Nilai total padatan tersuspensi (TSS)

Peningkatan bobot adsorben pada konsentrasi 1,0, 1,5 dan 2,0 g dalam 100 mL limbah cair memberikan pengaruh terhadap nilai TSS limbah cair industri rumah tangga perikanan. Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai TSS limbah cair industri rumah tangga perikanan disajikan pada Gambar 3. Semakin besar bobot adsorben yang ditambahkan, maka semakin lemah kemampuan adsorben dalam menyerap padatan tersuspensi. Penambahan adsorben sampai kondisi tertentu tidak akan memberi dampak pada peningkatan kapasitas adsorpsinya, namun akan menyebabkan terjadinya desorpsi (Yu *et al.* 2003). Padatan tersuspensi merupakan bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air (MetCalf dan Eddy 2003).

#### Nilai COD

Peningkatan bobot adsorben (1,0, 1,5 dan 2,0 g dalam 100 mL limbah cair) memberikan pengaruh terhadap nilai COD limbah cair industri rumah tangga perikanan. Pengaruh bobot adsorben terhadap nilai COD limbah cair industri rumah tangga perikanan disajikan pada Gambar 4. Perlakuan adsorben dengan

penambahan bobot 1,0 g dan 1,5 g dalam 100 mL limbah cair memberikan hasil penurunan nilai COD yang berbeda nyata dibandingkan dengan penambahan 2,0 g adsorben. *Chemical oxygen demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (misal kalium dikromat) untuk mengoksidasi seluruh material organik yang terdapat di dalam air (MetCalf dan Eddy 2003).

Bobot adsorben mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Pada saat bobot adsorben dinaikkan, sedangkan volume limbah cair industri rumah tangga perikanan tetap, maka akan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi, selain itu, sisi-sisi aktif yang tersisa pada adsorben juga akan mengalami kejenuhan selama proses adsorpsi (Yahaya *et al.* 2011).

#### KESIMPULAN

Modifikasi optimum yang mampu menurunkan kadar COD limbah cair industri rumah tangga perikanan adalah modifikasi dengan menggunakan asam. Secara umum bobot adsorben yang paling efektif dalam menurunkan beban limbah cair industri rumah tangga perikanan adalah pada bobot 1,0 g dalam 100 mL limbah cair.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aloui F, Khoufi S, Loukil S, Sayadi S. 2009. Performances of an activated sludge process for the treatment of fish processing saline wastewater. *Journal of Desalination* 248:68-75.

- Antunes WM, Luna AS, Henriques CA, Costa ACA. 2003. An evaluation of copper biosorption by a brown seaweed under optimized conditions. *Journal of Biotechnology* 6(3):174-184.
- Fransiscus Y, Hendrawati L, Esprianti MA. 2007. Proses biosorpsi Cu dan phenol dalam kondisi tunggal maupun simultan dengan menggunakan lumpur aktif kering. *Jurnal Purifikasi* 8(1):67-72.
- Ibrahim B. 2005. Kaji ulang sistem pengolahan limbah cair industri hasil perikanan secara biologis dengan lumpur aktif. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 8(1):31-41.
- Kannan RR, Rajasimman M, Rajamohan N, Sivaprakash B. 2010. Brown marine algae *Turbinaria conoides* as biosorbent for malachite green removal: equilibrium and kinetic modeling. *Journal of Environmental Science Engineering* 4(1):116-122.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 1995. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*. Jakarta: KEP-51/MENLH/10/1995.
- Kleinubing SJ, Vieira RS, Beppu MM. 2010. Characterization and evaluation of copper and nickel biosorption on acidic algae *Sargassum filipendula*. *Journal of Materials Research* 13(4):541-550.
- MetCalf, Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*, 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw Hill Book Co.
- Parubak AS, Sugiharto E, Mudjirin H. 2001. The effect of salinity on the release of copper (Cu), lead (Pb) and zinc (Zn) from tailing. *Indonesian Journal of Chemistry* 1(1):16-22.
- Raghuvanshi SP, Singh R, Kaushik CP. 2004. Kinetics study of methylene blue dye bioadsorption on baggase. *Journal of Applied Ecology and Environmental Research* 2:35-43.
- Rubin E, Rodriguez P, Herrero R, Cremade J, Barbara I, Manuel. 2005. Removal of methylene blue from aqueous solutions using biosorbent *Sargassum muticum*: An invasive macroalga in Europe. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*: 1-16.
- Sudiarta IW. 2009. Biosorpsi ion Cr(III) pada rumput laut *Eucheuma spinosum* teraktivasi asam sulfat. *Jurnal Kimia* 3(2):93-100.
- Velmurugan P, Kumar R, Dhinakaran G. 2010. Dye removal from aqueous solution using low cost adsorbent. *Journal of Environmental Science* 1(7): 1492-1503.
- Yahaya EM, Pakir MF, Abustan I, Bello OS, Ahmad MA. 2011. Adsorptive removal of Cu (II) using activated carbon prepared from rice husk by ZnCl<sub>2</sub> activation and subsequent gasification with CO<sub>2</sub>. *International Journal of Engineering and Technology IJET-IJENS* 11(01):207-211.
- Yu LJ, Shukla SS, Dorris KL, Shukla, Margrave JL. 2003. Adsorption of chromium from aqueous solutions by maple sawdust. *Journal of Hazardous Materials* 100 (1-3):53-63.
- Yun YS, Park D, Park JM, Volesky B. 2001. Biosorption of trivalent chromium on the brown seaweed biomass. *Journal of Environmental Science and Technology* 35:4353-4358.