

BIOSORBEN RUMPUT LAUT *Sargassum sp.* TERAKTIVASI UNTUK REMEDIASI TEMBAGA DARI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS TRADISIONAL

Suriadi¹, Erin Ryantin Gunawan² dan Agus Abhi Purwoko^{2*}

¹*Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Kuripan Lombok Barat NTB*

²*Program Studi Magister Pendidikan IPA, Universitas Mataram*

ABSTRAK

Suriadi dkk., 2012. Biosorben rumput laut *Sargassum sp.* teraktivasi untuk remediasi tembaga dari limbah penambangan emas tradisional

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan rumput laut *Sargassum sp.* teraktivasi asam sulfat (biosorben) untuk remediasi tembaga dari limbah penambangan emas tradisional. Biosorben yang digunakan diperoleh dengan cara merendam *Sargassum sp.* dalam larutan 0,05 M asam sulfat selama 20 menit. Sampel air limbah diambil dari tiga lokasi penggondongan yang terdapat di kecamatan Gerung, Lombok Barat. Aspek yang dikaji meliputi (1) kandungan spesi tembaga, (2) derajat keasaman (pH) air limbah, dan (3) pengaruh variasi pH limbah dan waktu kontak terhadap kemampuan biosorben. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pH dan kandungan tembaga air limbah dari lokasi 1 adalah pH = 6,99 dan 25,1 ppm; lokasi 2 pH = 7,01 dan 32,8 ppm; lokasi 3 pH = 7,01 dan 26,7 ppm. Sedangkan pada uji kemampuan biosorben untuk remediasi Cu pada limbah diperoleh kondisi optimum pada pH = 5 dengan waktu kontak 90 menit.

Kata kunci : biosorben teraktivasi asam, remediasi tembaga

ABSTRACT

Suriadi et al., 2012. Seaweed biosorbent *Sargassum sp.* activated for copper remediation from traditional gold mining waste

This study is aimed to investigate the potential capacity of acid activated seaweed, *Sargassum sp.*, on biosorption of Cu from traditional gold mining tailings. The biosorbent was developed by activation of *Sargassum sp.* with 0.05 M of sulfuric acid for 20 minutes. Aspects investigated include concentration of copper species, acidity of the tailing and influence of pH and contact time toward capability of the biosorbent. The waste samples were obtained from three locations of traditional mining in Gerung District, West Lombok. The results show that the wastes contain copper species in average of 28,2 ppm and acidity in the range of 6,99 – 7,01. Meanwhile the optimum conditions for remediation of Cu in the wastes were obtained in pH = 5 and 90 minutes of contact time.

Keywords : acid activated biosorbent, Cu remediation

PENDAHULUAN

Industri pertambangan, baik secara tradisional maupun modern menghasilkan tailing yang mengandung berbagai jenis logam berat (Herman, 2006). Lebih lanjut Liu dkk. (2005) menyatakan bahwa pada umumnya tailing dari pertambangan logam mengandung logam berat seperti Pb, Cd, Cu dan Zn. Keberadaan logam berat di lingkungan yang melebihi ambang batas akan merusak lingkungan dan menimbulkan masalah kesehatan bagi makhluk hidup di lingkungan tersebut (Sudiarta, 2009)

Di Pulau Lombok akhir-akhir ini banyak sekali dilakukan kegiatan penambangan emas secara tradisional sehingga sangat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan itu belum diolah sebelum

dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu hampir dapat dipastikan bahwa air limbah tersebut mengandung polutan logam berat yang melebihi ambang batas. Untuk menanggulangi masalah pencemaran logam berat ini maka ada beberapa perlakuan yang dapat diterapkan; salah satunya adalah melalui proses biosorpsi dengan biosorben rumput laut.

Di Pulau Lombok, sebagaimana menurut Winarno (1996) terdapat cukup banyak jenis rumput laut yang potensial, namun masih banyak yang pemanfaatannya sebatas sebagai sayuran saja. Hasil penelitian Sunarpi dkk. (2006) dalam Maskur (2008) menunjukkan bahwa jumlah spesies rumput laut yang tumbuh di perairan pantai NTB sekitar 69 spesies, terdiri dari 25 spesies alga merah, 24 spesies alga

hijau dan 20 spesies alga coklat. Salah satu spesies yang tergolong alga coklat (*Phaeophyceae*) yang cukup potensial namun belum optimal pemanfaatannya adalah yang dikenal sebagai beboyot (*Sargassum sp.*). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan biosorben rumput laut *Sargassum sp.* teraktivasi asam sulfat untuk remediasi tembaga dari limbah penambangan emas tradisional. Dalam hal ini dikaji secara mendalam untuk memperoleh kondisi optimum (variasi pH air limbah dan lama waktu kontak) pada remediasi spesi tembaga.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah larutan Standar Cu (II) Nitrat 1000 ppm (Ajax Chemicals), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Aldrich), larutan 0,1 N H_2SO_4 dan HCl. Semua bahan diperoleh dalam kemurnian p.a. dan tidak dimurnikan lebih lanjut. Limbah penambangan diperoleh dari penggelondongan emas tradisional di wilayah Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat.

Peralatan utama yang digunakan untuk menentukan konsentrasi Cu pada larutan sampel adalah Atomic Absorption Spectrophotometer (SpektrAA Varian 55).

Pengukuran pH dan konsentrasi Cu limbah penambangan emas tradisional

Tuangkan 50 ml sampel air limbah ke dalam beaker glass 250 ml, dan ukurlah pH air dengan pH meter. Tambahkan 3 ml HNO_3 65% kemudian panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 3 – 5 ml (hati-hati jangan sampai mendidih). Tambahkan lagi 3 mL HNO_3 65%, kemudian panaskan lagi secara perlahan-lahan dan hati-hati sampai larutan menjadi jernih. Ulangi langkah langkah terakhir apabila warna larutan belum stabil atau masih keruh. Setelah itu tambahkan 6 ml HCl 0,1 N dan panaskan lagi kira-kira 10 menit sampai seluruh zat larut; bilas dinding beaker glass dengan sedikit air bila diperlukan. Saring larutan yang diperoleh ke dalam labu ukur 50 ml menggunakan kertas saring whatman no. 42 kemudian tambahkan aquades hingga tanda batas. Terakhir ukurlah absorbansi larutan dengan AAS. Pengulangan pengukuran absorbansi dilakukan sebanyak 3 kali.

Pengujian kemampuan biosorben pada berbagai pH

Timbang 0,5 gram biosorben rumput laut, yang telah disiapkan sebelumnya (Suriadi 2010);

selanjutnya masukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi limbah sebanyak 50 ml. Tambahkan larutan HCl 0,1 N sampai mencapai pH sesuai perlakuan yaitu H_1 (pH = 4), H_2 (pH = 5), H_3 (pH = 6) dan H_4 (pH = 7). Aduk campuran yang diperoleh di atas shaker selama 24 jam dan setelah itu disaring. Filtrat yang diperoleh diukur kandungan spesi tembaga dengan AAS. Pengulangan pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali.

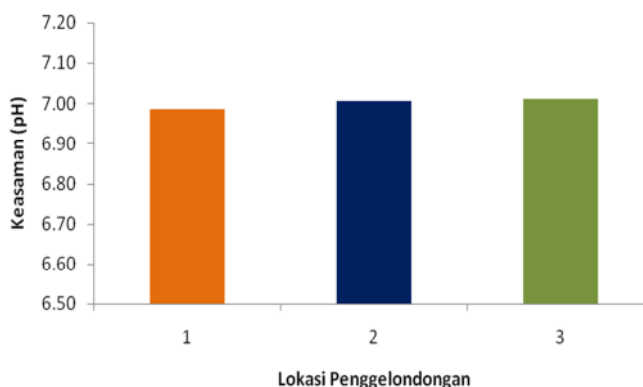
Pengujian kemampuan biosorben pada berbagai waktu kontak

Masukkan 0,5 gram biosorben ke dalam erlenmeyer yang berisi air limbah (pH = 5), dan aduklah dengan shaker dengan lama sesuai perlakuan yaitu W_1 (waktu kontak 30 menit), W_2 (waktu kontak 60 menit), W_3 (waktu kontak 90 menit) dan W_4 (waktu kontak 120 menit). Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya diambil untuk diukur kandungan Cu dengan AAS. Pengulangan pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Keasaman (pH) dan Kandungan Cu Air Limbah

Derajat keasaman yang tercermin pada nilai pH suatu larutan berhubungan dengan konsentrasi ion H^+ dalam larutan tersebut. pH merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kelarutan zat. Dalam penelitian ini sampel air limbah penggelondongan emas tradisional memiliki nilai pH antara 6,99 sampai 7,01 seperti ditunjukkan oleh Gambar 1.

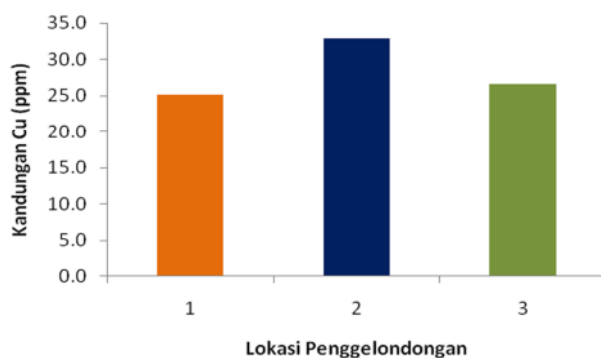


Gambar 1. Keasaman (pH) sampel limbah penggelondongan emas tradisional
Keterangan: 1 = lokasi limbah milik Jamilah, dusun Menang Barat, Gerung, Lombok Barat, 2 = lokasi limbah milik H. Ihsan, dusun Menang Barat, Gerung, Lombok Barat, 3 = lokasi limbah milik Hamid, dusun Tempos, Gerung, Lombok Barat

Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa limbah yang dihasilkan memiliki pH disekitar pH netral. Derajat keasaman atau pH seperti di atas tentu berpengaruh terhadap spesi Cu dalam limbah. Bashour & Sayegh (2007) menyatakan bahwa pada pH yang kurang dari 7,3 bentuk Cu^{2+} merupakan bentuk yang dominan dan paling stabil dari tembaga. Namun, lebih lanjut dikatakannya bahwa bentuk mineral tembaga yang paling dominan adalah chalcopyrite; menurut Mejia dkk. (2009) 70% mineral tembaga dalam kerak bumi adalah dalam bentuk chalcopyrite, dengan rumus kimia $\text{Cu}^+\text{Fe}^{3+}(\text{S}^{2-})_2$ (lihat Lundstrom, 2009).

Menurut Kaylan dkk. (1997), spesi tembaga tersebut dengan adanya air dan oksigen akan mengalami reaksi oksidasi sehingga bentuk Cu(I) pada chalcopyrite akan berubah menjadi bentuk Cu (II). Reaksi ini diduga juga berlangsung selama kegiatan penggelondongan, karena pada kegiatan ini batuan yang mengandung chalcopyrite yang sudah dihaluskan, dan telah ditambahkan air secukupnya, diputar selama beberapa jam dalam alat penggelondongan. Jadi terjadi interaksi dengan oksigen dan air, yang juga disertai dengan pengadukan melalui pemutaran alat penggelondongan. Lumpur hasil penggelondongan yang sudah diambil emasnya dengan air raksa kemudian dibuang sebagai limbah. Dengan demikian dalam limbah penggelondongan, diduga tembaga ada dalam bentuk Cu^{2+} , sebagai akibat dari proses oksidasi tembaga yang semula dalam bentuk $\text{Cu}^+\text{Fe}^{3+}(\text{S}^{2-})_2$.

Mengenai kandungan Cu rata-rata dalam limbah, maka dari 3 lokasi pengambilan sampel terdapat sedikit variasi berkisar antara 25,1 sampai 32,8 ppm. Perbandingan kandungan Cu dalam limbah ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah.

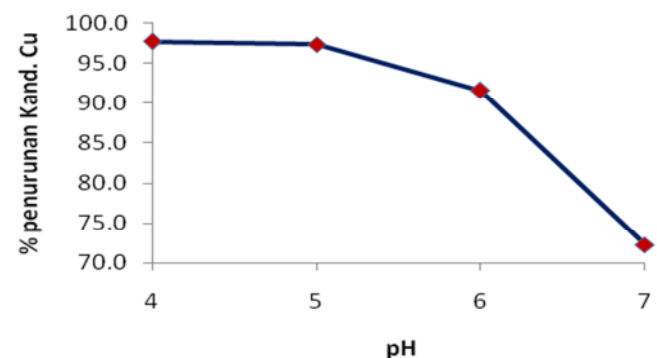


Gambar 2. Kandungan Cu pada sampel limbah penggelondongan emas tradisional
Keterangan: 1 = lokasi limbah milik Jamilah, dusun Menang Barat, Gerung, Lombok Barat, 2 = lokasi limbah milik H. Ihsan, dusun Menang Barat, Gerung, Lombok Barat, 3 = lokasi limbah milik Hamid, dusun Tempas, Gerung, Lombok Barat

Dari gambar di atas terlihat bahwa secara umum kandungan Cu dalam limbah cukup tinggi, jauh melebihi ambang baku mutu limbah industri (KEP-51/MENLH/10/1995) yaitu sebesar 2 ppm. Menurut aturan yang tertuang dalam surat keputusan tersebut maka dibutuhkan penanganan sebelum limbah dilepas ke lingkungan sekitar. Menurut Widhiyatna dkk. (2001) bahwa kawasan Sekotong, sebagai sumber batuan yang digelondong, termasuk daerah Lombok yang banyak mengandung tembaga dengan kelimpahan rata-rata 54 – 68 ppm. Hal ini didukung pula oleh data laporan PT Indotans Inc. (2006) yang menunjukkan bahwa lokasi pertambangan tradisional, tempat batuan yang digelondong berasal yaitu daerah Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, NTB mengandung mineral tembaga seperti chalcopyrite, calcocyte dan bornite.

Pengaruh Variasi pH Limbah Terhadap Kandungan Cu

Keasaman atau pH limbah akan mempengaruhi kelarutan dan kondisi zat-zat yang terlarut di dalamnya. Pada pH yang terlalu rendah (dengan pelarut air) logam akan berbentuk kation yang terhidrasi, sedang pada pH terlalu tinggi akan berbentuk senyawa hidroksida. Oleh karena itu pengaturan pH yang tepat merupakan faktor penting untuk keberhasilan remediasi logam berat, termasuk Cu, dari limbah.



Gambar 3. Hubungan antara pH limbah dengan persentase penurunan kandungan Cu

Pengaruh pengaturan pH limbah terhadap penurunan kandungan Cu ditunjukkan pada Gambar 3. Terlihat jelas bahwa pengaturan pH sangat berpengaruh terhadap penurunan kandungan Cu dalam limbah. Penurunan kandungan Cu tertinggi diperoleh pada perlakuan H₁ (pH = 4) yaitu sebesar 97,66% dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan H₂ (pH = 5) yaitu sebesar 97,15 %. Selanjutnya pada pH limbah tinggi justru menurunkan persentase penurunan

kandungan Cu. Dalam hal ini penurunan kandungan Cu terkecil diperoleh pada perlakuan pH limbah 7 yaitu sebesar 72,26%.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pH terbaik untuk remediasi Cu dari limbah ini adalah 4. Tingginya penurunan kandungan Cu pada pH 4 ini diduga disebabkan karena pada pH ini Cu berada dalam bentuk yang paling mudah diikat oleh biosorben yaitu bentuk Cu^{2+} (Bashour & Sayegh, 2007). Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian Davis dkk. (2000) pada biosorpsi Cu oleh beberapa spesies *Sargassum* yang menunjukkan bahwa pH optimumnya adalah 4 – 5.

Disamping itu pada pH 4-5 gugus aktif yang dominan pada *Sargassum sp.* yaitu gugus karboksil diduga mengalami disosiasi dalam jumlah yang optimal menjadi bentuk ion karboksil yang mudah mengikat kation logam berat khususnya Cu(II) (Davis dkk., 2003). Kumar dan Kaladharan (2006) melaporkan bahwa dalam pengikatan ion logam berat oleh *Sargassum wightii* akan maksimal pada pH yang berdekatan dengan konstanta disosiasi dari asam karboksilat yang dikandungnya (pK_0) yaitu dekat 5.

Pada pH 6 dan 7 malah terjadi penurunan persentase jumlah Cu yang dapat diremediasi. Hal ini diduga disebabkan karena pada pH tersebut gugus fungsi dominan dalam biosorben tidak terdisosiasi dalam jumlah yang optimal. Artinya karena gugus fungsi ini adalah gugus asam, maka pada pH yang melebihi pK_a dapat menyebabkan turunnya jumlah gugus fungsi yang terdisosiasi, sehingga menyebabkan turunnya jumlah sisi aktif yang dapat mengikat ion Cu(II). Hal ini sejalan dengan pendapat Buffle (1988) dalam Naja dkk. (2010) bahwa gugus fungsi karboksil dalam biomolekul memiliki pK_a antara 3 – 5. Disamping itu sebagaimana menurut Naja dkk. (2010) pada pH yang tinggi logam akan terdapat dalam bentuk senyawa hidroksida, khususnya bagi kation logam dengan muatan yang tinggi dan ukuran yang relatif kecil, termasuk ion Cu(II).

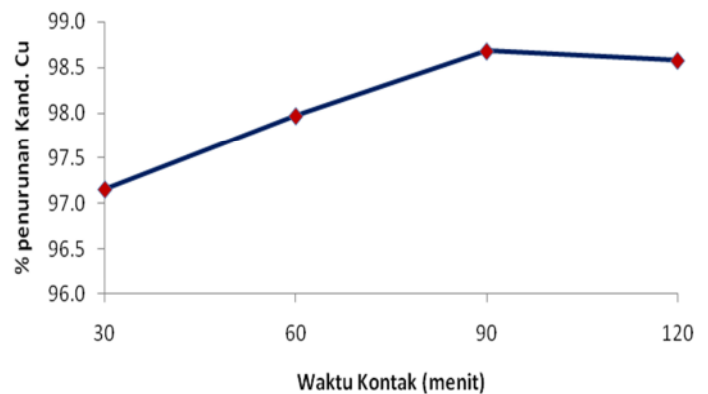
Ditinjau dari segi kapasitas biosorben untuk Cu yaitu sebesar 61,4733 mg/gr (Suriadi, 2010), penurunan tertinggi adalah sebesar 97,66%; setara dengan biosorpsi sebesar 32,0333 mg Cu/gram biosorben. Ini berarti bahwa penurunan yang terjadi cukup jauh dibandingkan dengan potensi biosorben. Hal ini diduga disebabkan karena dalam proses biosorpsi limbah ini, yang diikat bukan hanya Cu saja tetapi juga logam-logam lain bahkan kemungkinan sistem koloid tanah juga dapat terikat dan menutupi sisi aktif biosorben. Herman (2006) menyatakan bahwa limbah penambangan emas baik tradisional maupun modern mengandung berbagai macam logam berat. Lebih lanjut Liu dkk. (2005) menyatakan

bahwa pada umumnya tailing dari pertambangan logam mengandung berbagai logam berat seperti Pb, Cd, Cu dan Zn. Sementara itu Naja dkk. (2010) menyatakan bahwa kehadiran ion lain dalam proses sorpsi akan mengakibatkan terjadinya kompetisi antar ion untuk berikatan dengan sisi aktif biosorben, sehingga pengikatan ion logam tersebut akan menurun.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan Kandungan Cu

Setelah mendapatkan pH optimum untuk remediasi yaitu 5 maka selanjutnya dilakukan pengamatan pengaruh waktu kontak. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kandungan Cu dalam limbah. Perlakuan waktu kontak sampai dengan 90 menit menunjukkan peningkatan persentase penurunan kandungan Cu dalam limbah. Namun perlakuan waktu kontak sampai 120 menit tidak lagi meningkatkan persentase penurunan kandungan Cu, bahkan ada kecenderungan menurunkan.

Hal yang hampir sama ditemukan oleh Salehi dkk. (2008) pada sorpsi Cu(II) oleh biosorben dari daun *Cercis siliquastrum*, dimana waktu kontak untuk mencapai kesetimbangannya adalah 120 menit dan perlakuan waktu kontak di atas 120 menit tidak meningkatkan jumlah logam berat yang diikat. Gambar 4 mengilustrasikan pengaruh waktu kontak terhadap penurunan kandungan Cu limbah.



Gambar 4. Hubungan antara waktu kontak dengan persentase penurunan kandungan Cu limbah

Hasil di atas menunjukkan bahwa waktu kontak 90 menit merupakan waktu kontak optimal karena dengan waktu kontak ini jumlah Cu yang dapat diremediasi paling tinggi. Ini berarti pula dengan waktu kontak 90 menit biosorben sudah mulai jenuh dalam mengikat Cu sehingga peningkatan waktu kontak di atas 90 menit tidak lagi meningkatkan jumlah Cu yang dapat diikat, bahkan ada

kecenderungan menurunkan walaupun secara statistik tidak signifikan.. Hal yang sama juga ditemukan oleh Diantariani dkk. (2008) pada rumput laut jenis *Eucheuma spinosum*, dimana perlakuan waktu kontak melebihi waktu kontak optimal 12 jam justru sedikit menurunkan jumlah Cr(VI) yang diserap.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa lebih dari 97% Cu yang ada dalam limbah sudah berhasil diikat dalam 30 menit pertama waktu kontak. Dengan demikian kecepatan pengikatan pada awalnya sangat tinggi namun kemudian diikuti dengan adanya penurunan kecepatan dimana hanya kurang lebih 3% saja Cu yang diikat pada waktu kontak di atas 30 menit. Hal ini sejalan dengan hasil pengamatan kurva isotherm sorpsi di awal bahwa untuk pengikatan Cu oleh biosorben *Sargassum sp* ini memperlihatkan pola dengan afinitas yang tinggi di awal, namun selanjutnya menurun seiring dengan semakin jenuhnya sisi aktif biosorben.

KESIMPULAN

Bertolak dari hasil pengamatan dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa rumput laut *Sargassum sp* yang telah diaktivasi dengan asam sulfat dapat digunakan sebagai biosorben untuk logam Cu, dan logam berat lainnya, yang dihasilkan dari limbah penggelondongan emas tradisional (rakyat). Untuk mendapatkan kapasitas biosorben yang optimum diperlukan pengaturan pH air limbah (yaitu pH= 5) dan perlakuan waktu kontak optimal (yaitu 90 menit).

DAFTAR PUSTAKA

- Aslan, L. M., 1998, *Budidaya Rumput Laut*. Yogyakarta: Kanisius,
- Bashour I.I. & A.H.Sayegh.2007. *Methods Of Analysis For Soils Of Arid And Semi-Arid Regions*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Davis,T.A., Volesky, B. & Mucci, A. 2003. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water Research*, 37, 4311–4330
- Diantariani, N.P., Sudiarta, I.W. & Elantiani, N.K. 2008. Proses Biosorpsi dan desorpsi ion Cr (VI) pada biopsorben rumput laut *Eucheuma spinosum*. *Jurnal Kimia* 2, 45-52
- Hanafiah, K.A. 2000. *Rancangan Percobaan, Teori dan aplikasi*. Edisi Revisi. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Herman, D.Z., 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung Unsur Pencemar Arsen, Merkuri, Timbal dan Kadmium dari sisa pengolahan bijih. *Jurnal Geologi Indonesia* 1, 31-36.
- Kaylan, K.D., Pradip, D. & Natarajan., K.A. 1997. The Effect of Constituent Metal Ions on the Electrokinetics of Chalcopyrite. *Journal Of Colloid And Interface Science*, 196, 1–11 .
- Kumar, V.V. & Kaladharan, P. 2006. Biosorption of metals from contaminated water using seaweed. *Current Science*, 90, 1263 – 1267.
- Kuyucak, N. & Volesky, B. 1989. Desorption of cobalt-laden algal biosorbent. *Biotechnology and Bioengineering*. 33, 815–822.
- Liu, Y.G., Zhang, H.Z., Zeng, G.M., Huang B.R., Li, X., & Xu, W.H. 2005. Characteristic of tailings from metal mines in Hunan Province,China. *Journal Cent.South University Technology*, 12, 225-228.
- Lundstrom, M. 2009. Chalcopyrite dissolution in cupric chloride solutions. Doctoral Thesis. Helsinki University Of Technology.
- Maskur, 2008. *Karakterisasi dan Pengembangan Marker Molekuler Mikrosatelit Yang Berasosiasi dengan Sifat Bernilai Ekonomis Pada plasma Nutfah Rumput Laut*. Laporan Akhir Program Insentif (Insentif Riset Dasar). Mataram: Lembaga Penelitian Universitas Mataram..
- Murphy, V. 2007. *An Investigation into Mechanism Of Heavy Metal Binding By Selected Seaweed Species*. Thesis. Waterford Institute Of Technology.
- Naja, G., Murphy, V. & Volesky, B. Biosorption Metals. *Journal Electronis Wiley Encyclopedia Of Industrial Biotechnology* (1 Januari 2010).
- Nazir, M. 2009. *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Palar, H., 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- PT Indotans Inc.,2006. *Laporan Tahunan*. Jakarta: PT Indotas Inc.
- Salehi, P.B., Asghari, & Mohammadi, F. (2008). Removal of Heavy Metals from Aqueous Solutions by *Cercis siliquastrum L*. *Journal of . Iran. Chem. Soc.*, 5, S80-S86.
- Suarya, P. 2008. Adsorpsi Pengotor Minyak Daun Cengkeh Oleh Lempung Teraktivasi Asam . *Jurnal Kimia*, 2, 19-24.
- Sudiarta, I.W. 2009. Biosorpsi Ion Cr(III) Pada Rumput Laut *Eucheuma Spinosum* Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Kimia*, 3, 93-100.
- Suriadi, 2010. *Kajian Pemanfaatan Biosorben Rumput Laut Sargassum sp. Teraktivasi Asam Sulfat Untuk Remediasi Tembaga Dari Limbah Penambangan Emas Tradisional* . Tesis. Mataram: Program Pascasarjana Universitas Mataram..
- Widhiyatna, D., Suharsono, K., Soleh, A. & Pohan, M.P. 2001. *Penyelidikan Geokimia Regional Sistematis Lembar Lombok, Kab.Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Timur Dan Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Jakarta: Subdit Geokimia dan Informasi Mineral, Departemen Energi dan Sumber daya Mineral.
- Widhiati, I.A.G. 2008. Adsorpsi Anion Cr(VI) Oleh Batu Pasir Teraktivasi Asam Dan Tersulut Fe₂O₃. *Jurnal Kimia* 2, 25-30.

Widodo, 2008. Pencemaran air raksa (Hg) sebagai dampak pengolahan bijih emas di Sungai Ciliunggunung, Waluran, Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Geologi Indonesia*, 3, 139-149.

Winarno, F.G., 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.