

KINETIKA ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) PADA KARBON AKTIF DENGAN GELOMBANG ULTRASONIK

Santi
STIKes Mega Rezky Makassar
Email: santi.ssi96@gmail.com

Abstract. *Adsorption capacity Increase of the activated carbon can be done with the use of ultrasonic energy-producing high chemical. Activated carbon is used to absorb the metals Pb(II) with a variety of time. Research purposes to determine the effect of variation of contact time on the adsorption of Pb(II) using rice husk activated carbon irradiated with ultrasonic waves and without irradiation. Determining the reaction kinetics model (reaction order and k values) of Pb (II) using rice husk activated carbon irradiated with ultrasonic waves. The results showed the optimum time on the adsorption process of Pb(II) by rice husk activated carbon is irradiated with ultrasonic waves were 50 minutes, whereas the adsorption process of Pb(II) by rice husk activated carbon without irradiated with wave ultrasonic is 30 minutes. Reaction kinetics of Pb(II) according to the pseudo-second-order kinetic model and the value of $k_2 = 0.0472 \text{ g. mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.*

Keywords: *adsorption, ultrasonic, Pb(II), rice husk activated carbon.*

1. PENDAHULUAN

Sekam padi merupakan limbah agro industri yang melimpah. Angka Tetap (ATAP) produksi padi tahun 2010 di provinsi Sulawesi-Selatan sebanyak 4,38 juta ton Gabah Kering Giling. Gabah yang digiling menghasilkan 20-35 % sekam padi (Winaya, 2008), sebagian besar sekam tersebut hanya dibuang ke lingkungan dan hanya sebagian kecil yang digunakan untuk keperluan rumah tangga, misalnya untuk keperluan pembuatan abu gosok.

Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang mengandung karbon dan silika sebagai komponen utamanya. Sekam yang dibakar pada suhu 400°C menghasilkan karbon sekitar 1,88 % dan silika sekitar 79,27 %, karena fakta itu sekam padi sudah mulai banyak dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam berat Pb, 2,4 diklorofenol, dan logam Cr(VI) (Winaya, 2008).

Menurut Balai Penelitian Pasca Panen (BPPP) komposisi sekam padi disajikan pada Tabel 1. Penggunaan sekam padi semakin fleksibel diantaranya sebagai (1) bahan baku industri kimia, terutama kandungan zat kimia furfural; (2) bahan baku industri, bahan bangunan karena mengandung

silika yang dapat digunakan sebagai campuran pembuatan semen *portland*, bahan isolasi, husk-board dan campuran industri batu bata; (3) sumber energi panas karena kadar selulosanya cukup tinggi sehingga dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil (Ihwan, 2008).

Tabel 1. Komposisi sekam padi (Suharno dan DTC-IPB dalam Ihwan, 2008)

Komponen	Kandungan (%)
Kadar Air	9,02
Protein Kasar	3,03
Lemak	1,18
Serat Kasar	35,68
Abu	17,71
Karbohidrat Kasar	33,71
Karbon (zat Arang)	1,33
Hidrogen	1,54
Oksigen	33,64
Silika (SiO ₂)	16,98

Karbon aktif adalah arang yang diberi perlakuan khusus sehingga mempunyai luas permukaan pori yang sangat besar berkisar 300– 2000 m²/g. Peningkatan luas permukaan inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan besar dalam penyerapan logam dan polutan organik dalam larutan. Penelitian dengan sinar X memperlihatkan bahwa karbon aktif mempunyai bentuk amorf atau mikrokristalin yang terdiri atas plat-plat datar dimana atom-atom C-nya tersusun dan terikat secara kovalen dalam bentuk cincin 6 karbon. (Haesler, 1951 dalam Ansar, 2012)

Pori-pori pada karbon aktif dapat dikelompokkan menjadi 3 golongan yaitu, makropori (diameter > 50 nm), mesopori (diameter 2 – 50 nm), mikropori (diameter < 2nm). Dari ketiga golongan tersebut, yang memegang peranan penting pada proses penyerapan adalah mikropori karena volume total lubang mikropori jauh lebih besar daripada volume total makropori dan mesopori (Do, 1998 dalam Ansar 2012).

Karbon aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik maupun anorganik. Karbon aktif yang biasa beredar di pasaran berasal dari tempurung kelapa, kayu dan batubara. Karbon aktif juga dapat dibuat dari berbagai limbah pertanian seperti tempurung kemiri, kulit buah coklat dan kayu bakau (Edwin, 2005).

Proses pembuatan karbon aktif terdiri atas 3 tahap, yaitu tahap dehidrasi, tahap karbonisasi, tahap aktivasi. Tahap dehidrasi dilakukan dengan

memanaskan bahan baku sampai suhu 105 °C dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air. Tahap karbonisasi merupakan tahap lanjutan dari proses dehidrasi yaitu proses dekomposisi termal pada suhu 600 – 1100 °C. Selama proses ini, unsur-unsur selain karbon seperti hidrogen dan oksigen dibebaskan dalam bentuk gas. Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 komponen utama, yaitu karbon (arang), tar, dan gas (CO₂, CO, CH₄, H₂, dan lain-lain). Tahap yang terakhir adalah tahap aktivasi, aktivasi adalah suatu perubahan fisika dimana luas permukaan karbon menjadi lebih besar karena hidrokarbon yang menyumbat pori-pori terbebaskan.

Ada 2 cara untuk melakukan proses aktivasi karbon yaitu aktivasi secara fisika dan aktivasi kimia. Proses aktivasi fisika dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara pada suhu 800 – 1000 °C sedangkan proses aktivasi secara kimia dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti H₃PO₄, ZnCl₂, HCl, H₂SO₄, CaCl₂, K₂S, NaCl (Danarto, 2008). Pembakaran sekam padi pada suhu terkontrol dibawah 500 °C menghasilkan arang sebagai sumber silika dalam bentuk amorf dengan komponen utamanya adalah (Na₂O)_m(SiO₂)_n. Arang sekam padi amorf dengan rumus kimia (Na₂O)_m(SiO₂)_n merupakan sejenis senyawa polimer dengan silika sebagai komponen utamanya yang tersusun atas satuan tetrahedron dengan atom Si sebagai atom pusat. Setiap atom Si dikelilingi oleh empat atom O dan satu atom Na yang tidak terikat kuat pada strukturnya namun hanya sekedar melekat pada matriks polimernya (Hartini, 2008).

Timbal adalah suatu unsur kimia dalam golongan IV-A yang memiliki lambang Pb dan nomor atom 82 berat atom, 207,19. Lambangnya diambil dari bahasa Latin *Plumbum*. Logam ini berwarna kelabu kebiruan dan bertekstur lunak. Densitasnya 11,3 g/cm³, titik leleh 327.5 °C, dan titik didih 1740 °C. Timbal (Pb) adalah logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi. Keberadaan timbal bisa juga berasal dari hasil aktivitas manusia. Logam timbal sulit larut dalam air tetapi akan larut dalam asam nitrat dan asam sulfat pekat. Pada sistem asam basa keras lunak, timbal dianggap bersifat menengah. Ia memiliki kemampuan untuk mengikat atom donor yang berbeda (misalnya, O, N, S, dan P) (Nordberg G. F dkk., 2005). Saat ini, penggunaan dominan dari timbal (71%) dalam baterai, terutama untuk kendaraan, tetapi juga untuk sistem listrik dan baterai cadangan industri. Kegunaan lain adalah sebagai pigmen (12%), amunisi (6%), dan terpal kabel (3%). Timbal juga digunakan dalam solder, paduan (kuningan dan perunggu), dan sebagai penstabil dalam *polyvinyl chloride* (PVC) (Nordberg G. F dkk., 2005).

Penanganan limbah logam berat telah banyak dilakukan untuk mengatasi pencemaran dan resiko keracunan bagi makhluk hidup. Proses adsorpsi diharapkan dapat mengambil ion-ion logam berat dari perairan. Teknik ini lebih menguntungkan daripada teknik yang lain dilihat dari segi biaya yang

tidak begitu besar serta tidak adanya efek samping zat beracun (Blais dkk, 2000). Metode adsorpsi umumnya berdasarkan interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui interaksi pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya gugus fungsional seperti -OH, -NH, -SH dan -COOH. Sebuah kelemahan dari biosorben adalah kapasitasnya relatif rendah. Kapasitas adsorpsi dapat ditingkatkan dengan membuat karbon aktif dengan cara di aktivasi menggunakan aktivator $ZnCl_2$. Penelitian tentang pemanfaatan sekam padi sebagai karbon aktif untuk mengadsorpsi fenol dan 2- klorofenol telah dilakukan (Anshar, 2012), adsorpsi metilen blue dan eosin dengan karbon aktif sekam padi juga telah diteliti (Arnawaty, 2012), adsorpsi metilen blue pada berbagai karbon aktif termasuk sekam padi dilakukan oleh Kannan dkk (2001), karbon aktif dari serbuk gergaji dan sekam padi telah dimanfaatkan untuk adsorpsi zat warna (Malik, 2002).

Karbon aktif memiliki kapasitas adsorpsi rendah karena struktur mikro dan panjangnya jalur difusi melalui partikel padat. Peningkatan kapasitas adsorpsi dari karbon aktif dapat dilakukan dengan pemanfaatan ultrasonik yang menghasilkan energi kimia yang tinggi. Hal ini terjadi melalui proses kavitasi akustik yaitu proses pembentukan, pertumbuhan dan pemecahan gelembung dalam cairan. Selama pemecahan gelembung, pemanasan intens terjadi dengan suhu sekitar 5000 °C, tekanan sekitar 500 atmosfer, dan tahan selama beberapa mikrodetik. Iradiasi ultrasonik berbeda dari sumber energi tradisional (seperti panas, cahaya, atau radiasi pengion) dalam durasi, tekanan, dan energi per molekul. Efek kimia dari ultrasonik tidak berasal dari interaksi langsung dengan spesies molekul melainkan berasal dari kavitasi akustik. Kavitasi akustik berfungsi sebagai sarana memusatkan energi suara. Ini adalah fenomena yang mendasar untuk sonokimia dan sonoluminesens (Suslick, K. S., 1990).

Penelitian adsorpsi Cu(II) memakai karbon aktif dari kulit kemiri dengan bantuan ultrasonik telah dilakukan. Kapasitas adsorpsi maksimum adsorben untuk Cu (II), dihitung dari isoterm Langmuir dengan adanya ultrasonik (3,77 mmol/g) lebih besar dari tanpa adanya ultrasonik (3,14 mmol/g) (Milenkovic, dkk., 2009).

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan energi yang ditimbulkan akibat iradiasi gelombang ultrasonik untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi karbon aktif sekam padi dalam menyerap logam berat timbal dari dalam larutan. Menentukan pengaruh variasi waktu dan model kinetika reaksi adsorpsi logam Pb(II) pada karbon aktif dengan iradiasi ultrasonik.

2. METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Tanur (Muffle furnace tipe 6000), oven (tipe SPNISO SFD), pompa vakum, pompa air, termometer, pH meter, cawan porselin, labu semprot plastik, Ultrasonic Cleaner (merek Elmasonic, Germany), Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS) Shimadzu flame AA-7000, lumpang, mortal porselin, desikator, , alat gelas laboratorium.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi (*Oryza Sativa* L) diambil dari pusat pengolahan padi rakyat Kabupaten Gowa, $ZnCl_2$, $Pb(CH_3COO)_2$, $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$, asam sitrat ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$), H_3BO_3 , KCl , $NaOH$, HNO_3 , aquabidest, aquadest, kertas saring Wathmann 42.

Prosedur Kerja

Pembuatan Karbon dari Sekam Padi

Sekam padi dicuci dengan aquadest kemudian dikeringkan di oven dengan suhu $110^\circ C$ selama 12 jam, Sekam padi yang sudah bersih dan kering dipanaskan dalam tungku pada suhu $400^\circ C$ selama 2 jam sampai terbentuk karbon.

Aktivasi Karbon dengan Menggunakan Larutan $ZnCl_2$

Karbon direndam dalam larutan $ZnCl_2$ 10 % selama 1 hari. Karbon kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral. Karbon aktif kemudian dikeringkan di oven dengan suhu $110^\circ C$ selama 2 jam kemudian karbon aktif dipanaskan dalam tungku pada suhu $400^\circ C$ selama 2 jam.

Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Logam Pb(II) dengan Karbon Aktif Sekam Padi yang Diiradiasi dengan Gelombang Ultrasonik dan Tanpa Iradiasi

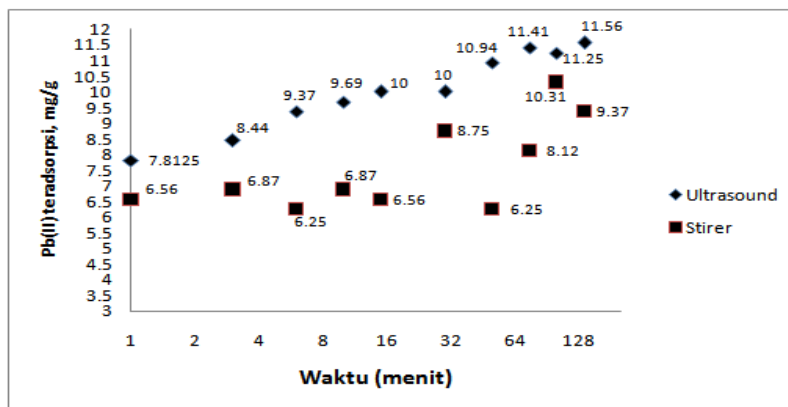
Karbon aktif sekam padi sebanyak 1 g masing-masing diinteraksikan dengan 50 mL larutan Pb(II) secara individual dengan konsentrasi awal larutan 250 ppm. Campuran diinteraksikan dengan bantuan gelombang ultrasonik pada suhu $30^\circ C$ dengan variasi waktu 1, 3, 6, 10, 15, 30, 50, 75, 100 dan 135 menit. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis konsentrasi logam Pb(II) dengan Spektrofotometer serapan atom (SSA). Perlakuan yang sama dilakukan untuk adsorpsi tanpa iradiasi dengan gelombang ultrasonik dimana proses pengadukan dilakukan dengan bantuan multistirer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Kontak Logam Pb(II) terhadap Karbon Aktif dengan Iradiasi dan Tanpa Iradiasi Gelombang Ultrasonik

Waktu kontak merupakan salah satu aspek penting yang perlu dipertimbangkan pada proses pengolahan limbah, oleh karena itu waktu kontak perlu ditentukan pada setiap adsorben. Melalui waktu kontak, mekanisme adsorpsi ion logam dapat diketahui apakah terjadi secara kimia atau fisika. Waktu kontak yang singkat dimana ion logam teradsorpsi dengan cepat pada adsorben menunjukkan mekanisme adsorpsi terjadi secara kimia dan sebaliknya waktu kontak yang lama dimana ion logam teradsorpsi dengan lambat pada adsorben menunjukkan mekanisme adsorpsi terjadi secara fisika (Popuri dkk, 2007). Pengaruh waktu terhadap jumlah timbal yang teradsorpsi disajikan dalam Gambar 1.

Logam Pb(II) yang teradsorpsi dengan iradiasi gelombang ultrasonik lebih besar dibandingkan dengan tanpa iradiasi seiring dengan meningkatnya waktu kontak. Adsorpsi digambarkan sebagai serangkaian langkah berupa transfer massa dari cairan ke permukaan partikel di seluruh ketebalan lapisan batas, difusi dalam partikel berpori dan adsorpsi ke permukaan. Telah diamati sebelumnya bahwa gelombang ultrasonik terkait efek kavitasi akustik dekat permukaan padat, mengurangi lapisan batas perpindahan massa sehingga menimbulkan peningkatan efisiensi transfer massa. Dari gambar 1 terlihat bahwa adsorpsi Pb(II) pada adsorben karbon aktif sekam padi yang di iradiasi dengan gelombang ultrasonik mencapai kesetimbangan setelah 50 menit dengan jumlah logam Pb(II) yang teradsorpsi sebesar 10,9375 ppm. Waktu kontak inilah yang digunakan untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 1. Grafik pengaruh waktu kontak dengan jumlah logam Pb(II) yang diadsorpsi oleh karbon aktif yang diiradiasi dengan gelombang ultrasonik dan tanpa iradiasi.

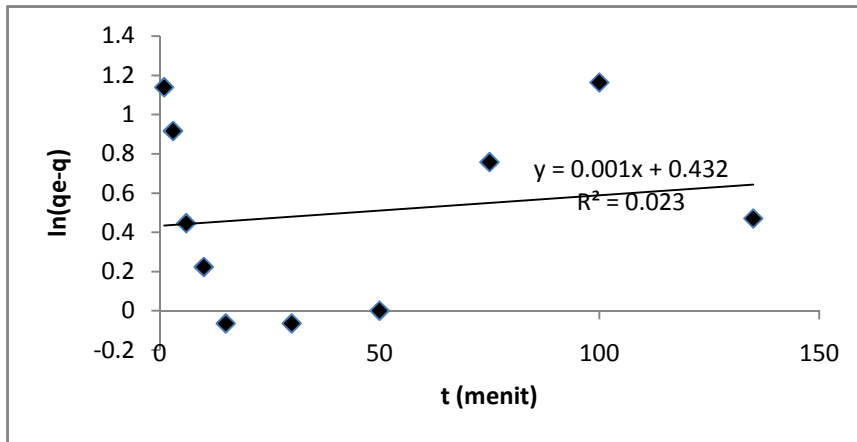
Waktu kontak yang lama dalam proses adsorpsi logam Pb(II) mencapai kesetimbangan menunjukkan interaksi yang terjadi secara fisika. Proses adsorpsi logam Pb(II) terjadi secara bertahap. Difusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben, disebut difusi eksternal. Sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar, tetapi sebagian besar berdifusi lebih lanjut ke dalam pori-pori adsorben (difusi internal). Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar adsorbat akan teradsorpsi dan terikat di permukaan. Namun, bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh oleh adsorbat, dapat terjadi dua hal: (1) terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan; gejala ini disebut adsorpsi multilapisan, atau sebaliknya (2) tidak terbentuk lapisan kedua sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida. Adsorpsi fisik akan terus berlangsung sampai terbentuk multilapisan pada tekanan tinggi, tetapi pada tekanan rendah dan suhu tinggi dapat berbalik menjadi desorpsi (Alberty, 1992).

Kinetika reaksi

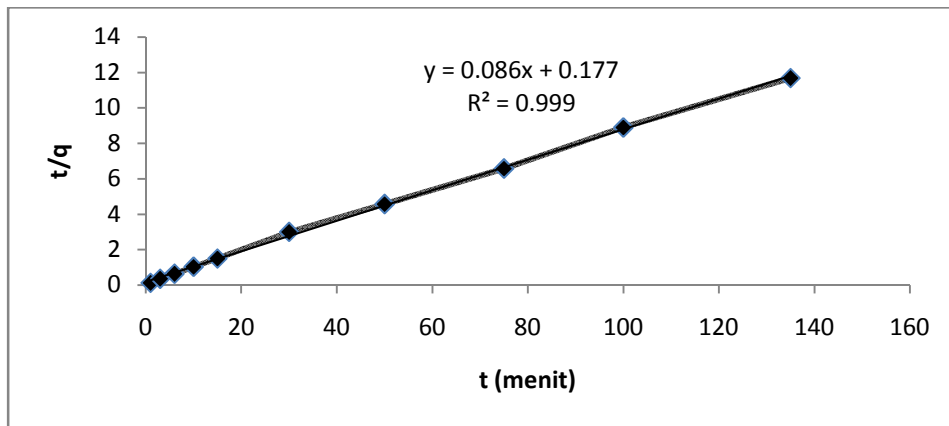
Dua aspek fisiko-kimia yang penting sebagai parameter evaluasi terhadap proses penjerapan adalah kinetika kimia dan sistem kesetimbangan. Kinetika penjerapan menggambarkan laju penangkapan zat terlarut dan hal ini berhubungan erat dengan efisiensi penjerapan (*sorption efficiency*) (Suhendra, 2010).

Model kinetika adsorpsi logam Pb(II) pada karbon aktif sekam padi yang diiradiasi dengan gelombang ultrasonik dapat dihitung dengan persamaan orde satu semu dan orde kedua semu. Grafik orde satu semu dan orde kedua semu adsorpsi logam Pb(II) dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 .

Pada Gambar 3 dan 4 diperoleh nilai $R^2 = 0,023$ dengan nilai tetapan $k_1 = -0.001 \text{ menit}^{-1}$ untuk model kinetik orde satu semu sedangkan untuk orde dua semu diperoleh $R^2 = 0,999$ dengan nilai $k_2 = 0,0472 \text{ g.mg}^{-1}.\text{menit}^{-1}$. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi logam Pb(II) oleh karbon aktif sekam padi dengan iradiasi gelombang ultrasonik mengikuti model kinetika orde dua semu.



Gambar 3. Grafik kinetika orde satu semu adsorpsi logam Pb(II).



Gambar 4. Grafik kinetika orde kedua semu adsorpsi logam Pb(II).

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa waktu optimum pada proses adsorpsi logam Pb(II) oleh karbon aktif sekam padi yang diiradiasi dengan gelombang ultrasonik adalah 50 menit. Sedangkan pada proses adsorpsi logam Pb(II) oleh karbon aktif sekam padi tanpa diiradiasi dengan gelombang ultrasonik adalah 30 menit. Kinetika reaksi adsorpsi logam Pb(II) sesuai dengan orde dua semu dengan nilai $k_2 = 0,0472 \text{ g.mg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberty RA, Silbey RJ, 1992, *Physical Chemistry*, Ed ke-1, New York: J Wiley.
- Anshar. A. M., 2012, Adsorpsi Fenol dan 2-Klorofenol Menggunakan Karbon Aktif Dari Sekam Padi, *Tesis* tidak diterbitkan, Makassar: UNHAS.
- Arnawaty, A., 2012, Adsorpsi Metilen Biru Dan Eosin Menggunakan Karbon Aktif dari Sekam Padi, *Tesis* tidak diterbitkan, Makassar: UNHAS.
- Blais, J.F., Dufresne, B., dan Mercier G., 2000, State of The Art of Technologies for Metal Removal from Industrial Effluents, *Rev, Sci, Eau*, 12(4): 687-711.
- Edwin. W., 2005, Pemanfaatan Karbon Aktif Tempurung Kenari Sebagai Adsorben 4-klorofenol Dalam Air, *Skripsi* tidak diterbitkan, Makassar: UNHAS.
- Hartini, H, 2008, Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Air Limbah Cold Storage, *Tesis* tidak diterbitkan, Makassar: Program Pasca Sarjana UNHAS Makassar.
- Ihwan. M. K, 2008, *Pembuatan Asap Cair dari Pembakaran Batu Bata Menjadi Pestisida Dan Pengawet Organik, Laporan Kegiatan Pengembangan Inovasi Pertanian Melalui Inisiatif Local Poor Farmer Income Improvement Throught Innovation.*
- Kannan N., Mariappan Meenakshi Sundaram, 2001, Kinetics and Mechanism of Removal of Methylene Blue by Adsorption on Various Carbons-a Comparative Study, *J. Dyes and Pigments*, 51: 25-40.
- Milenkovic D.D., Dasic P.V., Veljkovic V.B., 2009, Ultrasound-assisted Adsorption of Copper(II) Ions on Hazelnut Shell Activated Carbon, *Ultrason. Sonochem.*, 16: 557-563.
- Malik, P. K., 2002, Use of Activated Carbons Prepared from Sawdust and Rice-husk for Adsorption of Acid Dyes: A Case Study of Acid Yellow 36, *J. Dyes and Pigments*, 56: 239-249.
- Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg M. and Friberg L., 2005, *Handbook on the Toxicology of Metals*, 3th Edition, European Environment Agency.
- Popuri et. al., 2007, Biosorption of Hexavalent Chromium Using Tamarind (*Tamarindus Indica*) Fruit Shell-a Comparative Study, *E. J. Tech.*, 10(3).
- Suslick, K. S, 1990, Sonochemistry, *Science*, 247: 1439-1445.
- Winaya, I. S, 2008, Prospek Energi dari Sekam Padi dengan Teknologi Fluidized Bed Combustion, *Inovasi Online*, Edisi XX, Vol. 11.