



PEMANFAATAN ABU DAUN BAMBU TERAKTIVASI UNTUK ADSORPSI Cd(II) DAN DIIMOBILISASI DALAM PAVING

Uswatun Hasanah*), Agung Tri Prasetya dan Jumaeri

Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2016
Disetujui September 2016
Dipublikasikan November 2016

Kata Kunci:
abu daun bambu
aktivasi
adsorpsi
immobilisasi
kadmium

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum adsorpsi pada waktu kontak (20, 40, 60, dan 120 menit), pH (3, 4, 5 dan 6), dan konsentrasi logam Cd(II) (5, 15, 45, 60, dan 90 mg/L) menggunakan abu daun bambu teraktivasi H_3PO_4 10% terhadap adsorpsi logam Cd(II), yang kemudian diimmobilisasi dalam paving. Hasil yang diperoleh yaitu waktu kontak optimal 60 menit, pH larutan optimum pada pH 4 dan konsentrasi optimum 45 mg/L. Isoterm adsorpsi Langmuir menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum logam Cd(II) sebesar 1,3524 mg/g. Selanjutnya adsorben diimmobilisasi dalam paving. Komposisi dalam pembuatan paving yaitu air, semen dan agregat (pasir dan adsorben), perbandingan semen dengan agregat yaitu 1:2 dan FAS 0,2. Uji kuat tekan dengan penambahan adsorben diperoleh nilai kuat tekan 15,9527 Mpa, sehingga memenuhi kualitas paving yang disyaratkan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*). Leaching dilakukan selama 24 jam pada pH 3. Hasil SSA menunjukkan tidak terdeteksi logam Cd(II).

Abstract

This research conducted to find out the optimum adsorption condition at contact time (20, 40, 60, and 120 minutes), pH (3, 4, 5 and 6), and metal concentrations of Cd (II) (5, 15, 45, 60, and 90 mg/L) using bamboo leaf ash activated H_3PO_4 10% on adsorption metal of Cd (II), then immobilized in the paving. The results obtained by the optimum contact time at 60 minutes, the pH optimum at pH 4 and the optimum concentration on 45 mg/L. Langmuir adsorption isotherm generate maximum adsorption capacity of the metal Cd(II) is 1.3524 mg/g. Furthermore, the adsorbent immobilized in paving. The composition of the paving are cement, aggregate (sand and adsorbent) ratio of cement with aggregate 1:2 and FAS 0.2. Compressive strength test results with the addition of the adsorbent obtained 15.9527 MPa, which qualified of paving SNI 03-0691-1996 about concrete (paving blocks). Leaching process during 24 hours at pH 3, the results of AAS showed undetectable metal Cd(II).

Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan industri, maka semakin banyak pula hasil sampingan yang diproduksi sebagai limbah. Salah satu limbah tersebut adalah limbah logam berat. Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas serta mempunyai sifat racun yang sangat berbahaya dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh (Danarto dan Enny; 2007).

Pada dasarnya logam berat dalam air buangan dapat dipisahkan dengan berbagai cara yaitu dengan proses fisika, kimia dan biologi. Proses pengambilan logam berat yang terlarut dalam suatu larutan biasanya dilakukan seperti presipitasi, *ion exchange* dan adsorpsi (Asri, *et al.*; 2010). Hal yang paling penting di dalam proses adsorpsi adalah pemilihan jenis adsorben yang baik, salah satunya adalah karbon aktif. Salah satu adsorben alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan karbon dari limbah organik seperti limbah tanaman jagung, padi, pisang, dan lain-lain (Danarto dan Samun; 2008).

Masih belum banyak penelitian yang mengkaji penggunaan karbon aktif daun bambu untuk diaplikasikan pada masalah industri ataupun lingkungan. Melihat kondisi pencemaran air oleh logam berat yang terus meningkat, pemanfaatan daun bambu menjadi karbon aktif mempunyai prospek yang bagus dan ekonomis untuk dikembangkan untuk menurunkan kadar logam berat dengan mencari proses paling efektif yang kemudian diimobilisasi dalam padatan. Metode adsorpsi pada dasarnya belum menyelesaikan masalah karena dapat menimbulkan permasalahan baru bagi lingkungan jika adsorben yang telah mengikat logam berat tidak diolah kembali. Salah satu cara untuk mengolah kembali adsorben yang telah mengikat logam adalah imobilisasi. Hasil penelitian Atmaja dan Hariadi (2011), tentang imobilisasi logam berat Cd pada sintesis geopolimer dari abu layang PT. Semen Gresik menunjukkan bahwa geopolimer dengan kuat tekan tertinggi digunakan untuk imobilisasi dengan penambahan CdSO_4 dan didapatkan kuat tekan tertinggi pada penambahan 0,1% CdSO_4 yaitu $38,23 \times 10^3$ kN/m². Selanjutnya dilakukan proses *leaching* menggunakan ICP-OES. Hasil analisis ICP-OES menunjukkan pada penambahan 0,5% CdSO_4 dengan waktu *leaching* 25 jam, mol kation logam berat Cd^{2+} yang *terleaching* yaitu 0,012 mol. Hasil penelitian Krol dan Giergiczny

tentang imobilisasi (Pb^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Cr^{+6} , Cd^{+2} , Mn^{+2}) dalam komposit mortar menunjukkan bahwa mayoritas logam berat yang ditambahkan ke dalam komposisi pengikat mencapai tingkat imobilisasi yang tinggi pada mortar dengan 85% GGBFS dan 15% OPC. Tingkat imobilisasi terendah dicapai pada kromium (Cr^{+6}) yang ditambahkan untuk pengerasan mortar seperti $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tingkat tersebut berkisar antara 85,97% pada mortar yang dibuat dari bahan pengikat campuran (20% OPC, 30% FFA dan 50% GGBFS) dan 93,33% pada mortar yang dihasilkan dari OPC.

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu spektrofotometri serapan atom (SSA) merek *Perkin Elmer* model *Aanalyt-900* dan *Surface Area Analyzer* (SAA) merek *Quantachrome Instrument* model *Nova 1200-e*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu abu daun bambu, H_3PO_4 , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, HNO_3 dan NaOH dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, aquades, aquademin.

Prosedur penelitian meliputi daun bambu diabukan dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 3 jam, diayak dengan ukuran 100 *mesh*. Abu daun bambu direndam dalam larutan H_3PO_4 10% sebagai aktivator dan waktu aktivasi 24 jam dan dikeringkan menggunakan *furnace* pada suhu 600°C selama 3 jam. Abu yang dihasilkan lalu dicuci dengan aquades sampai pH air netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama ± 12 jam. Kemudian hasil abu daun bambu tanpa diaktivasi dan dengan aktivasi dianalisis SSA.

Abu daun bambu teraktivasi seberat 0,1 g ditambahkan ke dalam 50 mL larutan Cd^{2+} masing-masing 45 mg/L yang dengan pH 3 dan dilakukan variasi waktu kontak 20, 40, 60, 100 dan 120 menit. Selanjutnya dilakukan variasi pH mulai dari 3, 4, 5 dan 6. Terakhir dilakukan variasi konsentrasi yaitu 5, 15, 45, 60 dan 90 mg/L. Filtrat diukur absorbansinya.

Proses imobilisasi pada *paving block* dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 3 g abu daun bambu teraktivasi yang telah digunakan untuk mengadsorpsi logam Cd (pH, waktu kontak dan konsentrasi optimal) dengan semen dan agregat (pasir dan adsorben) dengan perbandingan 1:2, dan faktor air semen = 0,2. Dalam pembuatan paving, semen, abu daun bambu dan pasir dalam suatu wadah kemudian diaduk hingga homogen dan dituangkan pada cetakan *paving block* berbentuk kubus dengan

dimensi 5 cm × 5 cm × 5 cm dan diletakkan di tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung hingga kering untuk proses pengerasan yang selanjutnya disebut sebagai padatan (Ragil; 2012). Kemudian dilakukan *curing* selama 24 jam.

Hasil dan Pembahasan

Sampel berupa daun bambu dipanaskan menggunakan oven pada temperatur 100°C sampai kadar airnya hilang, selanjutnya diabukan dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 3 jam. Abu yang diperoleh direndam dengan larutan H₃PO₄ 10% selama 24 jam kemudian dikeringkan selama 3 jam dengan temperatur sekitar 600°C. Pemanasan ini dilakukan untuk meregangkan ruang antarpori sehingga aktivator dapat menembus pori-pori yang kecil dan mendesak kotoran-kotoran dan zat-zat organik sisa yang masih menempel untuk keluar dari pori (Anggara; 2013). Setelah aktivasi selesai, maka sampel abu daun bambu teraktivasi siap untuk dianalisis dengan BET sedangkan optimasi dan aplikasinya dianalisis dengan SSA. Penentuan luas permukaan dengan teori BET. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis luas permukaan

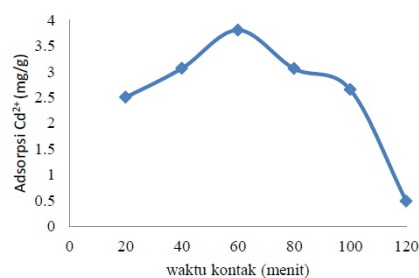
Adsorben	Luas permukaan (m ² /g)
Abu sebelum diaktivasi	103,836
Abu setelah diaktivasi H ₃ PO ₄ 10%	254,470

Berdasarkan Tabel 1. dari hasil uji luas permukaan dapat dilihat bahwa aktivasi abu daun bambu dengan larutan H₃PO₄ menghasilkan abu daun bambu dengan luas permukaan yang lebih besar dari abu daun bambu yang tidak diaktivasi H₃PO₄, peningkatan luas permukaan dari sebelum diaktivasi dan sesudah aktivasi sebesar 59,19%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya aktivasi telah menghilangkan pengotor yang ada pada abu sehingga dapat mempengaruhi luas permukaan.

Dari pengukuran dengan menggunakan SSA, diperoleh data absorbansi dan konsentrasi ion Cd(II) setimbang. Dalam setiap analisis menggunakan SSA dibutuhkan kurva kalibrasi larutan standar. Kurva kalibrasi ini dibuat untuk menentukan kadar Cd(II) dalam sampel. Dari grafik hubungan antara konsentrasi Cd(II) dengan absorbansi akan diperoleh kurva linear.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, pada penelitian ini dilakukan variasi waktu kontak. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai penyerapan optimum pada logam kadmium oleh abu daun bambu teraktivasi.

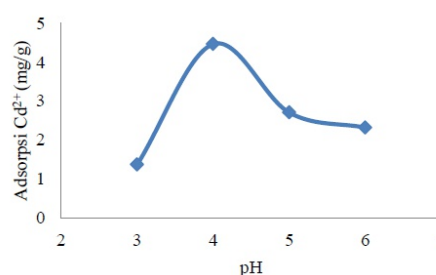
Hasil yang diperoleh disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara waktu kontak (menit) dan adsorpsi Cd²⁺ (mg/g)

Gambar 1. menunjukkan bahwa laju adsorpsi mulai dari waktu kontak 20 sampai 60 menit jumlah Cd(II) yang teradsorpsi semakin banyak dan mencapai optimum pada waktu kontak 60 menit dengan kapasitas sebesar 3,8031 mg/g dan setelah waktu kontak 60 menit grafik cenderung menurun. Ini menunjukkan bahwa mulai waktu kontak 60 menit, situs aktif pada adsorben telah jenuh oleh logam kadmium sehingga proses adsorpsi mengalami kesetimbangan. Adsorpsi yang berlangsung setelah 60 menit cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena proses adsorpsi sudah lewat jenuh. Selain itu, pelepasan adsorbat juga bisa terjadi karena proses pengadukan yang terlalu lama menyebabkan pori-pori adsorben menyusut kembali.

Variasi pH dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh pH larutan terhadap kemampuan adsorpsi suatu adsorben. Derajat keasaman (pH) merupakan faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi logam di dalam larutan. Hasil adsorpsi ion logam Cd(II) dengan variasi pH ditampilkan pada Gambar 2.



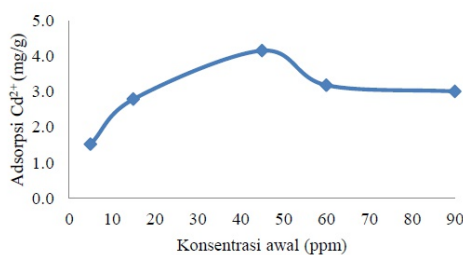
Gambar 2. Hubungan antara pH larutan Cd²⁺ dan adsorpsi Cd²⁺ (mg/g)

Berdasarkan grafik pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa jumlah kadmium yang teradsorpsi oleh abu daun bambu teraktivasi sangat dipengaruhi oleh pH dari larutan logam tersebut. Penyerapan larutan kadmium oleh abu daun bambu terbesar terjadi pada pH 4 dengan kadmium yang terserap sebesar 4,4593 mg/g.

Permukaan padatan pada pH 3 bermuatan positif karena terjadi protonasi pada gugus

anionik. Di tambah lagi dengan adanya kompetisi ion H^+ dengan kation logam (antara muatan pada permukaan abu dengan kation logam), sehingga terjadi tolakan yang menyebabkan daya serap menjadi rendah. Pada pH 4 jumlah logam Cd^{2+} yang terserap mengalami kenaikan, hal ini karena jumlah ion H^+ mulai berkurang sehingga terjadi interaksi antara permukaan abu daun bambu dengan Cd^{2+} . Selanjutnya pada pH 5 jumlah logam Cd^{2+} yang terserap mengalami penurunan sampai pH 6. Penurunan yang terjadi disebabkan karena pada pH yang lebih tinggi lebih banyak ion OH^- sehingga ion-ion logam mulai mengendap yang mengakibatkan lebih susah terjadinya penyerapan oleh adsorben.

Perlakuan variasi konsentrasi bertujuan untuk mendapatkan informasi berapa konsentrasi yang dibutuhkan untuk mencapai penyerapan optimum pada logam kadmium oleh abu daun bambu. Hasil adsorpsi ion logam $Cd(II)$ dengan variasi konsentrasi ditampilkan pada Gambar 3.

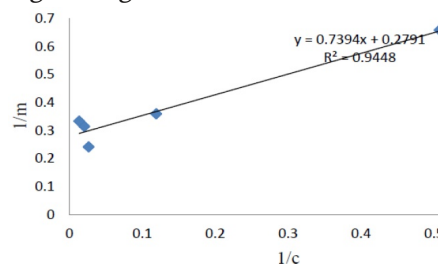


Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi awal Cd^{2+} dan adsorpsi Cd^{2+} (mg/g)

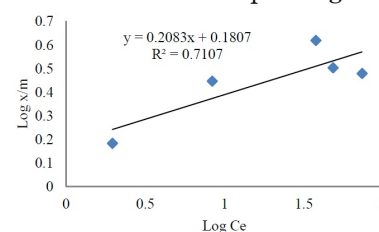
Gambar 3. menunjukkan bahwa penyerapan larutan kadmium oleh abu daun bambu terbesar terjadi pada konsentrasi 45 mg/L dengan kadmium yang terserap sebesar 8,3819 mg/g. Konsentrasi di bawah 45 mg/L terus mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena masih terdapatnya ruang-ruang kosong yang terdapat pada permukaan adsorben, yaitu masih tersedianya gugus aktif dari abu daun bambu untuk berikatan dengan ion logam Cd^{2+} . Pada konsentrasi di atas 45 mg/L terjadi penurunan kapasitas adsorpsi dan cenderung konstan. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel abu daun sehingga kapasitas adsorpsi pun menjadi menurun.

Isoterm adsorpsi digunakan untuk mengetahui hubungan antara jumlah zat yang terserap dengan jumlah zat penyerap. Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir* atau

persamaan isoterm adsorpsi *Freundlich* dengan data yang diperoleh dari konsentrasi optimum masing-masing adsorben.



Gambar 4. Isoterm adsorpsi *Langmuir*



Gambar 5. Isoterm adsorpsi *Freundlich*

Secara umum pola isoterm adsorpsi menunjukkan terjadi kenaikan jumlah ion logam yang teradsorpsi per gram adsorben seiring dengan naiknya konsentrasi ion logam yang diinteraksikan (Rahmawati; 2012). Hasil data yang diperoleh dari Gambar 4 dan 5. menunjukkan bahwa nilai koefisien regresi yang diperoleh pada isoterm adsorpsi *Langmuir* lebih besar yaitu 0,9448 dibandingkan dengan nilai koefisien regresi yang diperoleh pada isoterm adsorpsi *Freundlich* hanya sebesar 0,7107.

Persamaan *Langmuir* yang diperoleh, digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi, konstanta kesetimbangan dan energi adsorpsi $Cd(II)$. Hasil perhitungan parameter adsorpsi *Langmuir* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter adsorpsi *Langmuir*

Larutan	R^2	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	Konstanta kesetimbangan	Energi adsorpsi (kJ/mol)
Cd^{2+}	0,9448	1,3524	297,7839	14,20788

Tabel 2. menunjukkan bahwa dari nilai R^2 , dapat diasumsikan isoterm *Langmuir* mampu menunjukkan data adsorpsi lebih baik daripada isoterm *Freundlich*. Berdasarkan energi adsorpsi Cd^{2+} oleh abu daun bambu teraktivasi sebesar 14,20788 kJ/mol hal ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi dalam proses adsorpsi Cd^{2+} oleh abu daun bambu adalah adsorpsi fisika, karena berinteraksi secara fisika yaitu hanya menempel pada permukaan pori adsorben saja. Menurut Castellan (1982), adsorpsi fisika juga menghasilkan energi yang kurang dari 20,92 kJ/mol.

Pada penelitian ini limbah dari adsorben yang telah digunakan dan mengandung logam

kadmium diimobilisasi ke dalam *paving block*. Pengujian yang dilakukan meliputi kuat tekan dan *leacheabilitas*. Kekuatan tekan adalah kemampuan *paving block* untuk menerima gaya tekan persatuan luas, sehingga kuat tekan tersebut mengidentifikasi mutu *paving block*. Semakin tinggi nilai kuat tekan *paving block* akan semakin tinggi pula mutu *paving block* tersebut. Hasil uji kuat tekan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data kuat tekan

No.	Sampel paving	Data kuat tekan (MPa)			Rata-rata kuat tekan
1.	Tanpa abu daun bambu	38,9449	24,6011	25,3700	29,6387
2.	Dengan abu daun bambu	13,4486	18,9572	15,4524	15,9527

Hasil uji di atas menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata dari *paving block* setelah umur 21 hari tanpa adsorben sebesar 29,6387MPa, sedangkan dengan menggunakan adsorben sebesar 15,9527 MPa. Sehingga, dengan hasil ini baik *paving block* tanpa adsorben maupun dengan penambahan adsorben masih memenuhi kualitas *paving block* yang disyaratkan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).

Tujuan uji *leaching* yang dilakukan pada *paving block* yaitu untuk mengetahui *leacheabilitas* Cd yang terjebak pada *paving block*, larutan yang digunakan yaitu asam nitrat pH 3. Penentuan konsentrasi logam Cd yang *terleaching* menggunakan SSA. Hasil uji *leaching* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Leachabilitas* pada *paving block*

No.	pH	Sampel Paving	Konsentrasi Cd yang terlepas
1.	3	Tanpa abu daun bambu	Tidak terdeteksi*
2.	3	Dengan abu daun bambu	Tidak terdeteksi*

* alat SSA merk Perkin Elmer Analyst-900

Menurut Rahmi (2006), bahwa semakin kecil konsentrasi logam yang digunakan dalam proses stabilisasi, maka semakin optimal ikatan logam yang terbentuk dalam kisi padatan, sehingga semakin sulit untuk diputus oleh *leachant*. Pada penelitian ini konsentrasi yang digunakan relatif kecil sehingga saat proses *leaching* logam telah terikat dalam kisi padatan yang stabil sehingga mampu bertahan dari serangan asam nitrat.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa variasi waktu kontak, variasi pH dan variasi konsentrasi logam Cd(II) berpengaruh dalam adsorpsi logam Cd(II). Studi isoterm *Langmuir* memberikan harga kapasitas adsorpsi maksimum abu

daun bambu teraktivasi dalam menyerap ion logam Cd(II) sebesar 1,3524 mg/g adsorben dan harga konstanta kesetimbangan sebesar 297,784 dengan koefisien regresi (R^2) sebesar 0,9448. Adsorpsi ion logam Cd(II) oleh abu daun bambu teraktivasi merupakan adsorpsi fisika dengan energi adsorpsi sebesar 14,207 kJ/mol. Hasil uji kuat tekan dengan penambahan adsorben masih memenuhi kualitas paving yang disyaratkan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).

Daftar Pustaka

- Anggara, P.A. 2013. Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari dengan Proses Aktivasi secara Fisis dan Kimia. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(1): 73-77
- Asri, N.P., A. Rachmad, A. Hasmawati, dan S.A. Mubarak. Penurunan Kadar Logam Berat Limbah Cair Industri Emas (PT. X) di Surabaya. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 9(2): 56-61
- Atmaja, L., dan Hariadi, A. 2011. Immobilisasi Logam Berat Cd pada Sintesis Geopolimer dari Abu Layang PT. Semen Gresik. *Prosiding Skripsi Semester Genap 2010/2011. Institut Teknologi Sepuluh Nopember*
- Castellan, G.W. 1983. Physical Chemistry. University of Maryland
- Danarto, Y.C., dan K.A. Enny. 2007. Model Kesetimbangan Adsorpsi Cr dengan Rumpun Laut. *Ekuilibrium*, 6 (2): 47-52
- Danarto, Y.C., dan Samun, T., 2008. Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI). *Ekuilibrium*, 7(1): 13-16
- Krol, A., and Z. Giergiczny. 2008. Immobilization of Heavy Metals (Pb, Cu, Cr, Zn, Cd, Mn) in The Mineral Additions Containing Concrete Composites. *Journal of Hazardous Materials*, 160 (2008): 247-255
- Ragil, P.A. 2012. Pemanfaatan Sisa Pembakaran Ampas Tebu sebagai Bahan Pengisi dalam Proses Pembuatan Paving dengan Semen Jenis PPC. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1): 1-20
- Rahmawati, A. dan S.J. Santoso. 2012. Studi Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cd(II) pada Asam Humat dalam Medium Air. *Al-chemy*, 2(1): 46-57
- Rahmi, R.A. 2006. *Pemanfaatan Abu Layang Batubara untuk Stabilitas Ion Logam Berat Besi (Fe^{3+}) dan Seng (Zn^{2+}) dalam Limbah Cair Buangan Industri*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- SNI 03-0691-1996. *Bata Beton (Paving Block)*. Dewan Standarisasi Nasional