

TINJAUAN SISTEM PENGERING SILIKA GEL BERBASIS ABU SEKAM PADI MENGGUNAKAN SISTEM VAKUM TRAY DRYER TERHADAP KEMAMPUAN DAYA SERAP

OVERVIEW OF SILICA GEL DRYING SYSTEM BASED ON RICE HUSK ASH USING A TRAY DRYER SYSTEM ON THIS ABSORPTION ABILITY

Muhamad Muammar Arisqi^{1*}, Robert Junaidi¹, Fadarina¹

¹Teknologi Kimia Industri / Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, Sumatera Selatan 30139
Telp. 0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : [*arisqimuammar@gmail.com](mailto:arisqimuammar@gmail.com)

ABSTRACT

Rice husks are waste from the agricultural industry. Usually this rice husk waste is burned and thrown away without any further processing so that it can pollute the environment. To reduce waste from rice husk ash, in this study rice husk ash will be used as an adsorbent in increasing the adsorbent capacity of silica gel. Rice Husk Ash contains 97.3% Silica. The high silica content of Rice Husk Ash has the potential to be used as a material for making silica-based materials such as silica gel. The large amount of silica (SiO₂) contained in rice husk ash makes rice husk ash potential as a raw material for making silica gel. Rice husk ash as adsorbent can also absorb dye from woven fabric waste which is directly disposed of into receiving waters. In this research phase, starting from the extraction process of rice husk ash with 2M KOH at a temperature of 110 °C for 2 hours. Furthermore, it will be lightened in a desiccator and filtered to get a filtrate in the form of Na₂SiO₃. The filtrate will be mixed with H₂SO₄ solution until the pH is at a value of 7 and dry it in an oven with a variation of 4, 5 and 6 hours at a temperature of 120 °C. To see the silica gel content using Gravimetry, while to analyze the absorption of dyes in woven fabric waste using UV-Vis Spectrophotometry.

Keywords: Silica Gel, Rice Husk Ash, Woven Fabric Dyestuff.

1. PENDAHULUAN

Silika gel merupakan silika *amorf* (susunan atomnya tidak teratur) yang dapat digunakan sebagai *adsorben*. Dewasa ini kebutuhan silika gel baik di laboratorium maupun di industri cukup besar 60.000 ton/tahun (Sholikha, dkk, 2010). Silika gel yang beredar di pasaran cukup mahal sehingga biaya operasional di laboratorium maupun di industri yang melibatkan penggunaan silika gel menjadi lebih tinggi. Untuk menekan biaya tersebut, perlu dicari metode pembuatan silika gel sederhana dari bahan baku yang murah dan mudah didapat.

Abu Sekam Padi mengandung Silika sebesar 97,3%. Tingginya kandungan Silikanya Abu Sekam Padi memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan material berbasis silika seperti silika gel (Syukri, dkk., 2017). Besarnya jumlah silika (SiO₂) yang terkandung dalam abu sekam padi menjadikan abu sekam padi berpotensi sebagai salah satu bahan baku untuk pembuatan silika gel, Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam, 15% dari komposisi sekam padi adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar (Sulastri dan Susila, 2010). Produksi Padi Nasional sejalan dengan yang mencapai 56,54 juta ton/tahun ,sedangkan di Provinsi Sumatera

Selatan mencapai 1,005 juta ton/tahun (Aryani, 2018). Abu sekam padi sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben pada pengolahan limbah, terutama industri pengolahan logam dan industri tenun kain. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengatasi bahaya dari limbah cair zat warna, karena bersifat lebih murah dan mudah diperoleh (Irmawati, 2013), yang merupakan suatu proses penyerapan yang terjadi pada suatu permukaan. Ada beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu sifat fisik dan kimia adsorben dan adsorbat; sifat fasa cair (pH dan suhu); sifat fasa gas (suhu dan tekanan); konsentrasi adsorbat; waktu kontak adsorben dan adsorbat. Ada beberapa material yang biasanya digunakan sebagai adsorben salah satunya adalah silika (Santoso, 2016).

Beberapa peneliti telah menggunakan metode adsorpsi dalam menyerap zat warna pada limbah tenun seperti yang dilakukan oleh beberapa peneliti berikut ini. Melinda (2015), proses ekstraksi silika dilakukan dengan menggunakan larutan Na₂CO₃ 2 M dan HCl 10 N dengan temperatur 110°C dengan suhu pengeringan sebesar 120°C dan waktu pengeringan selama 2 jam, sehingga menghasilkan silika gel dengan penyerapan kadar air sebesar 20% dan kadar silika sebesar 4,8%.

Pada penelitian Fahmi dan Nurfalih,. (2016) melakukan pembuatan silika gel dengan suhu pengeringan sebesar 70°C selama 3 jam kadar air yang didapat yaitu 0,248% berat. Menurut Miftha, (2017) anasia menentukan kondisi optimum pada ekstrak silika yang diperoleh dari hasil ekstraksi dan dapat menentukan kondisi optimum pada daya serap silika gel yang di peroleh. Variabel proses yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi temperatur ekstraksi 85°C, 90°C, 100°C, 110°C dan 120°C serta variasi waktu pengeringan 2 jam dan 3 jam. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kadar silika optimum pada ekstraksi silica dari abu sekam padi dengan waktu pengeringan selama 2 jam yaitu pada temperatur ekstraksi 100°C di dapatkan kadar silika sebesar 68,49%. Kadar silika optimum pada ekstraksi silika dari abu sekam padi dengan dengan waktu pengeringan selama 3 jam pada temperatur ekstraksi 110°C di dapatkan kadar silica sebesar 78,62%.

Waktu pengeringan terbaik didapat pada waktu pengeringan 3 jam dengan daya serap silika gel sebesar 40,8%. Putri dan Soewondo, (2010) melakukan penelitian optimasi penurunan warna pada limbah tekstil. Efisien penurunan konsentrasi warna mencapai 98,11%, efisiensi penurunan konsentrasi warna mencapai 100% dengan membagi dosis secara merata (50:50) dengan kondisi pH netral. Pada penelitian Rofiah,. (2017) melakukan penelitian adsorpsi zat warna indigo carmine menggunakan silika gel. Produk silika gel dilakukan uji adsorpsi terhadap indigo carmine dengan variasi pH sistem (1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, dan 11) serta variasi kosentrasi (25 ppm 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, dan 500 ppm) silika gel yang dihasilkan memiliki kemampuan adsorpsi dengan nilai kapasitas 61,51%. Kemudian pada penelitian Purwaningrum, dkk., (2013), telah melakukan penelitian tentang adsorpsi zat warna procion merah pada limbah cair industri songket menggunakan silika gel Pada penelitian ini parameter yang diamati untuk penentuan kondisi optimum yaitu berat adsorben, waktu kontak, dan pH. Hasil penelitian menunjukkan penyerapan terjadi pada berat 0,8 g, waktu kontak 90 menit, dan pH 8 dengan efektifitas daya serap 43,39%. Pada penelitian Purnawati dan Utami,. (2014) telah melakukan penelitian adsorpsi zat pewarna tekstil menggunakan adsorben kulit buah kakao adsorben yang digunakan adalah kulit kakao dengan ukuran 100 mesh yang diaktivasi dengan larutan HNO₃ 0,6 M. Penentuan kondisi optimum dilakukan dengan variasi massa yang digunakan 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; dan 0,25 gram. Volume larutan zat warna yang digunakan untuk masing-masing variasi adalah 25 ml. Teknik pengumpulan data menggunakan metode spektrofotometri UV-VIS.

2. METODE

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi, kalium hidroksida, aquades, dan asam sulfat.

Pada persiapan sampel, abu sekam padi diayak terlebih dahulu menggunakan ayakan 200 mesh. Menimbang KOH 2 M padatan sebanyak 56,11 gram. Kemudian melarutkan KOH dengan menggunakan aquades ke dalam gelas kimia dan memasukkan ke dalam labu ukur. Lalu masuk kedalam tahap ekstraksi silika, dimana menimbang abu sekam padi sebanyak 50 gram dan mencampurkannya dengan larutan KOH 2 M sebanyak 500 ml kedalam labu leher tiga dengan kecepatan 300 rpm. Menggunakan temperatur pemanasan pada ekstraksi ini dengan suhu 110°C selama 2 jam. Jika proses ekstraksi sudah selesai, hasilnya dapat didingin di dalam desikator hingga suhu ruang. Ekstrak yang telah dingin kemudian disaring dengan penyaring vakum untuk mendapatkan filtrat berupa kalium silikat. Selanjutnya masuk kedalam tahap presipitasi, yang dimana kalium silikat akan dicuci terlebih dahulu pada suhu 90°C dan sambil diaduk. Kemudian membuat larutan H₂SO₄ 2 M terlebih dahulu. Setelah suhu tersebut tercapai, tambahkan H₂SO₄ 2 M agar membentuk endapan silika sambil mengecek pH hingga konsentrasinya 7. Jika telah membentuk endapan, menyaring endapan gel tersebut dengan penyaring vakum, kemudian keringkan didalam oven pada suhu 120 °C dengan variasi lama waktu pengeringan selama 4 jam, 5 jam, dan 6 jam. Analisa sampel pada tiap percobaan yang ditelaah dilakukan.

Pada penelitian ini tahap analisis daya serap dengan cara menimbang berat sampel silika gel sebagai berat awal dan membiarkan silika gel tersebut selama 8 jam di tempat yang dapat menyerap air. Kemudian menimbang berat silika gel yang telah menyerap uap air tersebut sebagai berat akhir. Hitung persen kadar air yang terserap dengan cara sebagai berikut:

$$\% = \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awa}}{\text{berat awal}} \cdot 100 \%$$

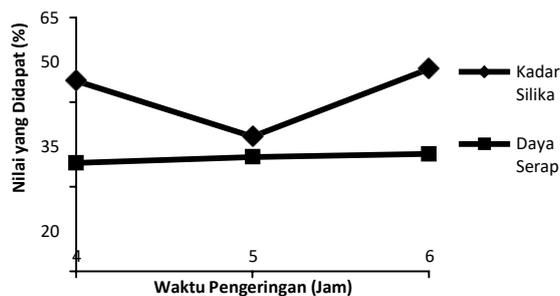
Mencatat persen kadar air yang terserap. Dan untuk tahap analisis daya serap zat warna dengan cara menyiapkan sampel silika gel dengan memvariasikan berat silikanya menjadi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 gram. Kemudian memipet limbah kain tenun sebanyak 50 ml dan memanaskannya dengan temperatur 40 °C dan di aduk dengan kecepatan 150 rpm. Memasukkan limbah yang sudah dipanaskan ke dalam labu 100 ml dan menambahkan aquades. Homogenkan campuran tersebut selama 10 menit dan melakukan proses penyerapan selama variasi waktu yang telah ditetapkan (4, 5, dan 6 jam). Kemudian hasilnya dapat langsung dianalisa ke alat spektrofotometer UV/VIS (Melinda, 2015).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini guna menganalisis pengaruh waktu pengeringan terhadap kadar silika dan daya serap silika sel dari abu sekam padi, serta menganalisis pengaruh waktu dan massa adsorben yang digunakan terhadap proses penyerapan untuk daya serap zat warna yang dihasilkan dari limbah kain tenun.

3.1 Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Kadar Silika dan Daya Serap Silika dari Abu Sekam Padi

Untuk mengetahui pengaruh lama waktu pengeringan kadar silika dan daya serap silika dari abu sekam padi, dilakukan penelitian dengan memvariasikan lama waktu pengeringannya selama 4, 5, dan 6 jam. Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara waktu pengeringan yang dibutuhkan terhadap kadar silika dan daya serap silika.



Gambar 1. Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Kadar Silika dan Daya Serap Silika

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa variasi pengeringan dapat mempengaruhi kadar silika pada silika gel yang diperoleh walaupun perbedaan penurunan dan kenaikannya tidak terlalu signifikan. Dari Gambar 1 yang didapat pada waktu pengeringan 4 jam dengan kadar silika yang di peroleh sebesar 53,76%, untuk waktu pengeringan 5 jam kadar silika yang di dapat mengalami penurunan sebesar 43,87%, sedangkan pada waktu pengeringan 6 jam terjadi peningkatan kadar silika sebesar 55,89%. Pada penelitian ini terjadi peningkatan dan penurunan kadar silika. Nilai yang paling optimum untuk mendapatkan kadar silika yang terbaik adalah pada waktu pengeringan 6 jam dengan kadar silika yang didapat sebesar 55,89%. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama waktu yang digunakan untuk pengeringan, maka kadar air yang terkandung didalam silika akan semakin banyak hilang karena terjadi penguapan atau pengurangan kadar air dan peningkatan jumlah kadar silika gel yang didapat semakin tinggi (Riansyah, dkk. 2013).

Pada waktu 4 jam memiliki titik optimum untuk perbandingan antara kadar silika terhadap waktu pengeringan dimana nilai yang diperoleh sebesar 53,76%. Namun pada saat pengeringan 5 jam terjadi penurunan kadar silika yang didapat sebesar 43,80%, hal ini disebabkan adanya kesalahan pada saat melakukan penelitian ataupun ada unsur pengotor yang masuk dan ikut ke dalam proses pengeringan. Jika hal ini terjadi, proses pembentukan silika yang didapat kurang maksimum dan mengalami penurunan. Dan pada waktu pengeringan selama 6 jam kadar silika kembali mengalami peningkatan yang diperoleh sebesar 55,89%. Sehingga pada saat penelitian

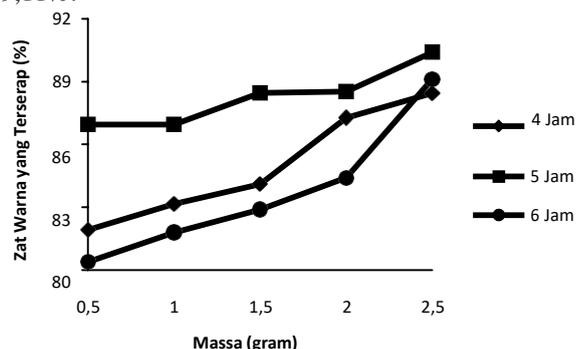
berlangsung perlu diperhatikan lebih teliti dalam proses pembuatannya.

Selanjutnya dapat dianalisa bahwa waktu pengeringan selama 4 jam kemampuan pada daya serap silika yaitu sebesar 39,25%, pada waktu pengeringan selama 5 jam kemampuan daya serap silika yaitu sebesar 40,28%, sedangkan pada waktu pengeringan selama 6 jam memiliki kemampuan daya serap silika yaitu sebesar 40,81%. Pada grafik terlihat terjadi peningkatan kemampuan silika gel dalam daya serapnya. Pada penelitian ini waktu pengeringan 6 jam memiliki nilai yang paling optimum untuk kemampuan daya serap dari silika gel dalam menyerap kadar air, yang dimana kemampuan daya serap yang didapat sebesar 40,81%. Penyerapan silika gel dipengaruhi lama waktu pengeringan, bentuk, ukuran dan faktor lain seperti kandungan silika, oksigen dan unsur pengotor yang dapat mempengaruhi proses penyerapan pada silika gel (Firdaus, 2012).

Berdasarkan Gambar 1 bahwa waktu berpengaruh pada proses pembuatan silika gel. Hal ini menunjukkan daya serap silika gel yang didapat meningkat dengan peningkatan waktu pengeringan. Semakin lama waktu pengeringan semakin besar daya serap silika (Fahmi dan Nurfalih, 2016).

3.2 Pengaruh Waktu dan Massa Adsorben Terhadap Zat Warna yang Terserap.

Dari Gambar 2 ternyata pada limbah kain tenun kadar zat warna yang terserap pada pengeringan 4 jam dan massa adsorben 2,5 gram dengan kadar terserap yaitu sebesar 88,45%, pada pengeringan 5 jam massa adsorben 2,5 gram dengan kadar terserap yaitu sebesar 90,40%, sedangkan pada pengeringan 6 jam massa adsorben 2,5 gram dengan kadar terserap sebesar 89,11%.



Gambar 2. Pengaruh Waktu dan Massa Adsorben terhadap Zat Warna yang Terserap

Pada penelitian ini, didapatkan peningkatan daya serap zat warna pada setiap massa dan waktu yang digunakan, selama proses penyerapan mengalami kenaikan daya serap yang dihasilkan tidak terlalu signifikan pada tiap jamnya. Lama waktu penyerapan yang paling optimum pada penelitian ini terjadi di jam ke-5 dan massa adsorben 2,5 gram. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak massa adsorben dan lama

waktu yang digunakan maka semakin besar daya serap yang didapatkan. Menurut Teka dan Enyew (2014), dan Dhilon dkk. (2016) semakin banyaknya massa adsorben maka luas permukaan untuk menyerap zat warna semakin luas dan banyak, serta waktu dalam penyerapannya semakin lama dalam menyerap zat

warna dari kain tenun tersebut. Namun, pada waktu penyerapan 6 jam daya serap yang dihasilkan lebih rendah dari waktu penyerapan lainnya. Hal ini dapat disebabkan karena zat warna yang terserap sudah terlalu lama melekat dipermukaan adsorben, sehingga zat warna terdesorpsi atau terlepas kembali ke larutan.

Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut ini adalah penelitian sistem pengering silika gel berbasis abu sekam padi yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, sehingga dapat dibuat Tabel 1 sebagai perbandingan hasil penelitian berikut ini:

Tabel 1. Hasil Perbandingan dari Penelitian

Bahan Baku	Adsorben	Lama Waktu Pengeringan (Jam)	Kadar Adsorben yang Didapat (%)	Daya Serap Adsorben (%)	Lama Penyerapan Adsorbat (Jam)	Adsorbat yang Terserap (%)	Referensi
Abu Sekam Padi	Silika Gel	3	78,62	40,80	-	-	Miftha, 2017
Cangkang Udang Galah	Kitin	1,5	93,92	33,42	1,5	88,52	Purwaningrum, dkk., 2013
Cangkang Kelapa Sawit	Silika Gel	-	-	-	0,5	76,80	Karimullah, dkk., 2018
Abu Sekam Padi	Silika Gel	6	55,89	40,81	5	90,40	Penelitian Sekarang

Pada Tabel 1 dapat diketahui perbandingan beberapa parameter dari penelitian lain. Data tersebut merupakan nilai optimum yang didapatkan pada setiap penelitian, dimana masing-masing parameter yang didapat berbeda-beda. Dari beberapa penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa pada setiap jenis bahan baku untuk membuat adsorben, mampu menghasilkan adsorben yang layak dipakai yang dapat digunakan untuk menyerap adsorbat terkhusus silika yang dapat digunakan sebagai adsorben.

Dapat kita ketahui dari tabel diatas, dengan menggunakan abu sekam padi dapat membuat silika gel yang tergolong baik dan layak, karena mampu digunakan sebagai adsorben. Pada penelitian sekarang membutuhkan waktu yang paling optimum selama 6 jam pengeringan dan menghasilkan kadar silika sebanyak 55,89%, sedangkan pada penelitian Miftah, (2017) waktu yang dibutuhkan selama 3 jam dan hasil dari pengeringan tersebut didapat kadar silikanya sebanyak 78,62%. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya memiliki lebih banyak kadar silika yang terbentuk, karena dapat beberapa faktor yang bisa mempengaruhi dalam prosesnya seperti, kurang maksimalnya dalam pengeringan didalam oven. Namun pada kemampuan daya serap silika gel dalam penyerapan air memiliki nilai yang hampir sama.

Kemudian untuk penyerapan adsorbat (zat warna kain tenun) pada penelitian sekarang mampu menyerap adsorbat sebanyak 90,40% selama 5 jam, sedangkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan

Purwaningrum, dkk., 2013 dan Karimullah dkk., 2018 memiliki nilai adsorbat dan lama penyerapan berturut-turut sebesar 88,52% selama 1,5 jam dan 76,80% selama 0,5 jam. Adanya perbedaan ini dapat diakibatkan dari kurang atau lebihnya waktu dalam proses penyerapan berlangsung, karena semakin lama waktu penyerapan semakin banyak pula adsorbat akan terserap dan menempel pada permukaan adsorben

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut :

1. Kadar silika yang didapat dari abu sekam padi dengan waktu pengeringan selama 6 jam sebanyak 55,89 %
2. Kemampuan dalam penyerapan kadar air pada silika gel yang dihasilkan sudah hampir mendekati dengan silika gel standar yaitu 40,81%
3. Nilai daya serap zat warna pada limbah kain tenun yang optimum dihasilkan pada waktu 5 jam dan massa 2,5 gram sebesar 90,40%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryani, D. 2018. *Keragaan Penawaran dan Permintaan Beras di Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2018. Hal 287-297. Indralaya: Universitas Sriwijaya.

- Dhilon, A., Sharma, T., Soni, S., dan Kumar, D. 2016. *Fluoride adsorption on a cubical ceria nanoadsorbent: Function of surface properties*. RSC Advances Journal Vol. 6, No. 92.
- Fahmi, H., dan Nurfalah, A. L. 2016. *Analisa Daya Serap Silika Gel Berbahan Dasar Abu Sekam Padi*. Skripsi. Institut Teknologi Padang.
- Firdaus, M. A. 2012. *Pembuatan Silika Gel dari Abu Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit di PT Sinar Alam Permai (Pengaruh Suhu, Waktu Ekstraksi dan Pelarut Na_2CO_3 Terhadap Jumlah dan Kualitas Silika Gel)*. Laporan Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Irmawati, A., Ulfan, I. 2013. *Pemanfaatan Biomasa Kulit Kacang Tanah Untuk Adsorpsi Kromium Dalam Larutan Berair Dengan Metode Kolom*. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Karimullah, R., Elvia, R., dan Amir, H. 2018. *Penentuan Parameter Adsorpsi Silika Sintetik dari Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kandungan Ammonium pada Limbah Cair Tahu*. Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia. 2(1):66-71. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Melinda, U. 2015. *Pembuatan Silika Gel dari Campuran Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Serabut Kelapa Sawit dengan Pengaruh Komposisi Bahan Baku*. Laporan Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Miftha, Anasia. 2017. *menentukan kondisi optimum pada ekstrak silika yang diperoleh dari hasil ekstraksi dan dapat menentukan kondisi optimum pada daya serap silika gel*. Tugas Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Purnawati, H., dan Utami, B. 2014. *Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cocoa L.*) sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-5. 5(1): 12-18. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Purwaningrum, W., Hariani, P. L., dan Teja, K. N. 2013. *Adsorpsi Zat Warna Procion Merah pada Limbah Cair Industri Songket Menggunakan Kitin dan Kitosan*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Putri, A. S., dan Soewondo, P. 2010. *Optimasi Penurunan Warna pada Limbah Tekstil Melalui Pengolahan Koagulasi Dua Tahap*. Jurnal Teknik Lingkungan. 16(1):10-20. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Riansyah, A., Supriadi, A., dan Nopianti, R. 2013. *Pengaruh Perbedaan Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Karakteristik Ikan Asin Sepat Siam (*Trichogaster pectoralis*) dengan Menggunakan Oven*. Skripsi. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Rofiah, Faizatur. 2017. *Adsorpsi Zat Warna Indigo Carmine Menggunakan Silika Gel Berbasis Fly Ash BatuBara Terimpregnasi Aluminium*. Skripsi. Universitas Jember.
- Santoso, D. R. 2016. *Pemanfaatan Arang Aktif Limbah Kulit Ubikayu (*Manihot esculenta*, Crantz) Sebagai Bahan Adsorpsi Logam Besi (Fe) pada Air Sungai Parit Busuk di Kecamatan Medan Perjuangan Sumatera Utara*. Skripsi. Medan: Universitas Medan Area.
- Sholikha, I., Friyatmoko, W. K., Utami, E. D. S., dan Widiyahningsih D. 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Limbah Abu Sekam Padi (*Oryza Sativa*) dengan Variasi Konsentrasi Pengasaman*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sulastri, S., dan Susila, K. 2010. *Berbagai Macam Senyawa Silika Sintesis Karakterisasi Dan Pemanfaatan*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gaja Mada.
- Syukri, I., Hindryawati, N., dan Julia, R. R. D. N. S. 2017. *Sintesis Silika dari Abu Sekam Padi Termodifikasi 2-Merkaptobenzotiazol Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd^{2+} dan Cr^{6+}* . Jurnal Atomik. 2(2):221-226. Samarinda: Universitas Mulawarman.
- Teka, T. Dan Enyew, S. 2014. *Study On Effect Of Different Parameter On Adsorption Efficiency Of Low Cost Activated Orange Peels For The Removal Of Methylene Blue Dye*. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 8, No. 1.