

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT
DENGAN ADSORPSI ABU TERBANG BAGAS**

Pradika Prahutama dan Yayok Suryo Purnomo

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: pradikaprahutama@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian adsorpsi ini bertujuan untuk menurunkan amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$) dengan menggunakan adsorben abu terbang bagas pada limbah industri penyamakan kulit. Dalam penelitian sistem yang digunakan adalah secara batch. Variasi percobaan yang digunakan adalah waktu kontak (15, 30, 45, 60 dan 75 menit) dan massa adsorben (2, 4, 6, 8 dan 10 gram) serta pH kontrol yakni kondisi basa (10.7) dan netralisasi (8.5). Penganalisisan kadar amonia menggunakan metode kjeldahl. Data hasil penganalisisan kadar amonia yang diperoleh kondisi optimum penurunan amonia ini yakni pada waktu kontak 60 menit, massa adsorben 10 gram, pH adsorbat netralisasi dan efisiensi penjerapan 59,09%. Kemudian dilakukan pemodelan adsorpsi menggunakan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich, serta analisis statistik regresi. Dalam analisis data diperoleh pemodelan isoterm adsorpsi yang paling cocok adalah isoterm Langmuir dengan konstanta K_L , q_m , dan koefisien determinasi yang diperoleh masing-masing 0,760 (L/mg), 31,44 (mg/g) dan 0,9426. Analisis statistik regresi mendapatkan persamaan regresi yang konstanta pada pH 8.5 lebih tinggi dibanding dengan pH 10.7 dengan nilai R-sq sebesar 82,72%.

Kata kunci : Adsorpsi, amonia, abu terbang bagas, limbah industri penyamakan kulit

ABSTRACT

This adsorption study aims to decrease total ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) by using fly ash adsorbent in industrial waste of leather tanning. In research system used is batch. The experimental variations used were contact time (15, 30, 45, 60 and 75 min) and the adsorbent mass (2, 4, 6, 8 and 10 gram) and the pH of the base (10.7) and neutralization (8.5) conditions. Analyzing the ammonia content using the kjeldahl method. The results of analyzing the ammonia content obtained by the optimum condition of ammonia decrease were 60 minutes contact time, 10 gram of adsorbent mass, neutralizing adsorbat pH and adsorption efficiency of 59.09%. Then do the adsorption modeling using Langmuir isotherms and Freundlich isotherms, as well as regression statistical analysis. In the data analysis, the most suitable adsorption isotherm model is Langmuir isotherm with K_L , q_m , and determination coefficient obtained respectively is 0.760 (L / mg), 31.44 (mg / g) and 0.9426. Regression statistic analysis obtained a constant regression equation at pH 8.5 higher compared with pH 10.7 and R-sq value of 82.72%.

Keywords : Adsorption, ammonia, fly ash bagasse, waste of leather tanning industry

PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang menggunakan bahan kimia dan air dalam jumlah besar. Proses penyamakan kulit dimulai dari proses *soaking, liming, deliming, batting, pickling, tanning, shaving, fat liquoring* dan *finishing*. Pada proses operasionalnya, industri penyamakan kulit ini menghasilkan limbah cair, limbah padat dan limbah gas. Dari ketiga limbah tersebut, limbah cair merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan (Murti dkk, 2013).

Pengolahan limbah cair industri kulit meliputi pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier. Hasil pengolahan dari pengolahan primer dan sekunder dapat menurunkan beberapa parameter limbah penyamakan kulit seperti BOD, COD, TSS, pH, sulfida, minyak lemak dan kadar krom total, sedangkan kadar amonia dalam limbah cair yang telah terolah masih tinggi meskipun telah melalui kedua proses pengolahan tersebut (Murti dkk, 2013). Kadar amonia dalam limbah cair industri penyamakan kulit disebabkan oleh penggunaan amonium sulfat ($(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$) yakni pada proses *deliming* (pembuangan kapur). Menurut Rezakazemi dkk, (2012), amonia bersifat racun bagi mayoritas ikan dan teroksidasi secara biologis oleh mikroorganisme menjadi nitrit yang berbahaya bagi manusia.

Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses penyerapan yang terjadi pada suatu bidang permukaan. Saat dua fasa saling berkontak komposisi fasa yang dekat dengan daerah batas fasa akan berbeda dengan yang terdapat pada bulk fasa tersebut (Udyani, 2013). Adsorpsi merupakan suatu proses pemisahan dimana komponen dari satu fasa fluida cair atau gas berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap dilepaskan pada adsorpsi kimia yang merupakan ikatan kuat antara penyerap dan zat yang diserap sehingga tidak mungkin terjadi proses yang bolak-balik (Kosim dkk, 2015).

Pada proses adsorpsi diketahui banyak faktor yang mempengaruhi penyerapan parameter air limbah. Diantaranya adalah waktu kontak, luas permukaan, jenis adsorbat (limbah), ukuran molekul adsorbat, konsentrasi adsorbat, pH dan temperatur (Wijayanti dkk, 2009).

Abu Terbang Bagas

Abu terbang bagas adalah limbah industri gula yang berasal dari pembakaran bagas di dalam boiler. Pembakaran bagas tebu menghasilkan dua macam abu yaitu abu dasar bagas (*bagasse bottom ash*) dan abu terbang bagas (*bagasse fly ash*). Warna abu dasar bagas lebih cerah daripada abu terbang bagas karena mengandung karbon aktif yang lebih sedikit. *Lost on ignition* pada abu terbang bagas mencapai 36,50 %. Hal ini menunjukkan kadar bahan organik di dalamnya masih cukup tinggi sehingga menarik banyak peneliti mencoba menggunakan abu terbang bagas sebagai adsorben (Sholeh dkk, 2012).

METODE PENELITIAN

Penentuan Massa Adsorben, Waktu Kontak, dan pH Adsorbat Optimum

Pada penelitian ini digunakan sistem *batch*, dengan menggunakan 3 variabel dalam penelitian. Variabel tetap ini adalah volume limbah 500 ml dan kecepatan pengadukan 120 rpm menggunakan *jar test*. Variabel kontrol nya adalah pH adsorbat dengan dua kondisi, basa dan setelah netralisasi. Variabel peubahnya yakni massa adsorben abu terbang bagas (2, 4, 6, 8 dan 10 gram), dan waktu kontak (15, 30, 45,60 dan 75 menit).

Analisis Amonia Total

Analisis amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$) menggunakan prinsip metode kjeldahl-volumetri.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah, air limbah industri penyamakan kulit (UPT Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan), abu terbang bagas (PTPN X PG Kremboong Sidoarjo), larutan H_2SO_4 8N, aquadest

Peralatan Penelitian

Beaker glass, jar-test, corong, kertas saring whatman, pH meter dan tabung destilasi.

Analisis Data

Data penelitian di hitung efisiensi penurunannya, kemudian dilakukan pemodelan isotherm adsorpsi. Pengaruh pH adsorbat terhadap efisiensi penurunan amonia dilakukan analisis statistik regresi dengan minitab.

Efisiensi penyerapan amonia dihitung dengan membandingkan antara konsentrasi amonia sebelum dan sesudah proses adsorpsi dengan

menggunakan persamaan (1) berikut (Murti dkk, 2013).

$$Efisiensi = \frac{C_o - C_{eq}}{C_{eq}} \times 100\% \quad (1)$$

C_o : konsentrasi awal amonia (mg/L)

C_{eq} : konsentrasi amonia setelah adsorpsi (mg/L)

Adsorpsi secara *batch* dianalisis dengan pendekatan *isotherm* Langmuir dan Freundlich. Model Freundlich dituliskan dengan persamaan (2) berikut (Metcalf dan Eddy, 2003).

$$q_e = K.C^{1/n} \quad (2)$$

q_e : kandungan amonia dalam abu terbang bagas yang berada pada kesetimbangan (mg/g)

K : konstanta persamaan Freundlich, ((mg/g)/(L/mg)^{1/n})

C : konsentasi amonia limbah yang berada pada kesetimbangan (mg/L).

Model ini termasuk persamaan empiris yang paling awal digunakan untuk mendiskripsikan data kesetimbangan adsorpsi.

Model Langmuir dituliskan dengan persamaan (3) berikut (Shan Ho, 2010).

$$q_e = \frac{K_L \cdot q_m \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (3)$$

K_L dan q_m adalah konstanta persamaan Langmuir

Model ini berasumsi permukaan adsorben seragam, semua molekul teradsorpsi tidak saling berinteraksi, semua molekul teradsorpsi melalui mekanisme yang sama, dan terbentuk monolayer.

HASIL PEMBAHASAN

Karakteristik Abu Terbang Bagas

Kandungan abu terbang bagas ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Presentase Unsur dalam Abu Terbang Bagas

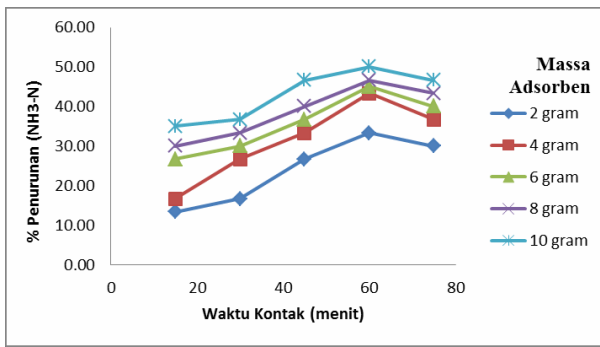
| Unsur | % |
|-------|-------|
| Si | 54 |
| P | 1.9 |
| K | 8.79 |
| Ca | 11.4 |
| Ti | 0.75 |
| V | 0.04 |
| Mn | 0.761 |
| Fe | 21.1 |
| Cu | 0.25 |
| Zn | 0.155 |
| Rb | 0.104 |
| Sr | 0.215 |
| Zr | 0.035 |
| Ba | 0.15 |
| Re | 0.1 |

Tabel 1 merupakan hasil dari analisis XRF (X- Ray Fluoresence) yang dilakukan pada abu terbang bagas teraktivasi. Tujuan dari dilakukannya analisis unsur tersebut adalah untuk mengetahui unsur-unsur apa saja yang terkandung dalam adsorben yang akan digunakan.

Kandungan unsur yang paling dominan adalah silikon (Si) sebesar 54%. Dengan besarnya kandungan silikon tersebut abu terbang bagas mempunyai kapasitas adsorpsi yang cukup tinggi (Akhinov dkk, 2010).

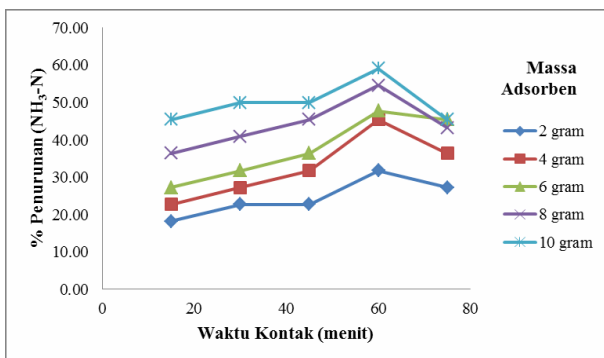
Penentuan Massa Adsorben, Waktu Kontak, dan pH Adsorbat Optimum

Hasil dari penentuan massa adsorben dan waktu kontak optimum menggunakan abu terbang bagas pada pH 10.7 disajikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa adsorpsi secara *batch* menggunakan abu terbang bagas didapatkan kondisi optimum penyisihan amonia total pada massa adsorben 10 gram dan waktu kontak 60 menit dengan efisiensi removal sebesar 50,00%.



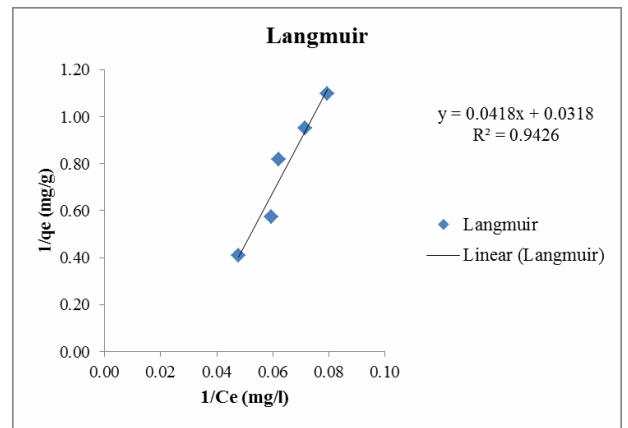
Gambar 1. Hubungan antara Waktu Kontak dengan% Penurunan Amonia Total pada berbagai Massa Adsorben (pH 10.7)

Kemudian pada pH adsorbat 8.5 didapatkan kondisi optimum penyisihan amonia total dengan menggunakan massa adsorben 10 gram dan juga waktu kontak 60 menit. Presentase penyisihan optimum sebesar 59,09%. Dari Gambar 2 dapat disimpulkan untuk penyisihan amonia terbaik yakni pada saat penggunaan masa adsorben 10 gram, waktu kontak 60 menit dan pH adsorbat 8.5.

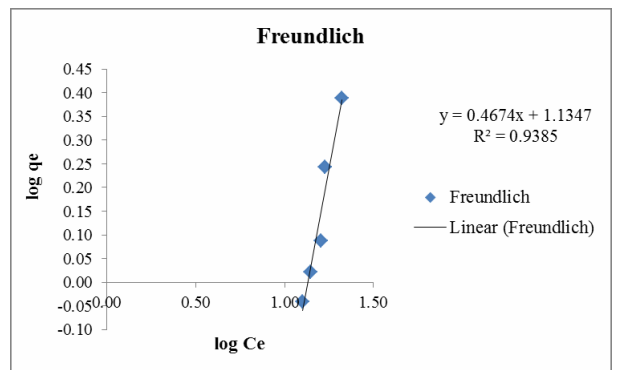


Gambar 2 Hubungan antara Waktu Kontak dengan% Penurunan Amonia Total pada berbagai Massa Adsorben (pH 8.5)

Data dari penentuan massa adsorben, waktu kontak dan pH adsorbat optimum dilakukan pemodelan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Data yang dipilih adalah pada pH adsorbat 8.5 dan waktu kontak 60 menit dengan berbagai variasi massa adsorben.



Gambar 3. Linearisasi Persamaan Langmuir (waktu kontak 60 menit, pH 8.5)



Gambar 3. Linearisasi Persamaan Freundlich (waktu kontak 60 menit, pH 8.5)

Dari Gambar 3 dan Gambar 4 didapatkan koefisien determinasi, nilai koefisien determinasi pada isoterm Langmuir lebih tinggi dibanding dengan pada isoterm Freundlich. Dapat disimpulkan untuk adsorpsi amonia total ini lebih cocok ke jenis adsorpsi kimia atau kimisorpsi

Analisis Regresi

Analisis statistik regresi dengan *software minitab* digunakan untuk mempelajari pengaruh pH adsorbat terhadap efisiensi penyisihan amonia total.

Tabel 2. Hasil Analysis of Variance Model Regresi

| Source | D F | SS | MS | F-Value | P-Value |
|----------------|-----|--------|---------|---------|---------|
| Regression | 3 | 4522.4 | 1507.47 | 73.39 | 0.000 |
| Massa Adsorben | 1 | 2894.8 | 2894.77 | 140.93 | 0.000 |
| Waktu Kontak | 1 | 1492.8 | 1492.77 | 72.67 | 0.000 |
| pH | 1 | 134.9 | 134.88 | 6.57 | 0.014 |
| Residual | 46 | 944.9 | 20.54 | - | - |

| Model Summary | | | |
|---------------|--------|------------|--------|
| R-sq | 82.72% | R-sq (adj) | 81.59% |

Kondisi pH adsorbat (8.5),

$$8.5(\% \text{Penurunan}) = 10.09 + 2.690 \text{ Massa Adsorben} + 0.2576 \text{ Waktu Kontak}$$

dan kondisi pH adsorbat (10.7),

$$10.7(\% \text{Penurunan}) = 6.80 + 2.690 \text{ Massa Adsorben}$$

$$+ 0.2576 \text{ Waktu Kontak.}$$

Analisis regresi diatas mendapatkan persamaan regresi untuk kedua kondisi pH adsorbat. Dapat dilihat pada persamaan regresi untuk pH 8,5 (netralisasi) memiliki konstanta sebesar 10,09 atau lebih besar bila dibandingkan dengan pada persamaan regresi untuk

pH 10,7 (basa) yang hanya memiliki konstanta sebesar 6,80. Dengan kata lain, adsorpsi amonia pada pH 8.5 lebih baik efisiensi penurunannya dibandingkan dengan adsorpsi amonia pada pH 10.7.

KESIMPULAN

Kadar amonia total dalam air limbah dapat diturunkan dengan abu terbang bagas dalam proses adsorpsi. Efisiensi penurunan amonia optimum sebesar 59,09 % terjadi pada perlakuan massa adsorben 10 gram, waktu kontak 60 menit, kondisi pH netralisasi (8.5). Konstanta isoterm Langmuir K_L , q_m , dan koefisien determinasi yang diperoleh masing-masing 0,760 (L/mg), 31,44 (mg/g) dan 0,9426;

Pada nilai derajat keasaman (pH) adsorbat

8.5 memiliki persen penurunan amonia total yang lebih tinggi dibanding pada adsorbat dengan pH 10.7. Hal ini dibuktikan dengan analisis statistik secara regresi, diketahui koefisien determinasi sebesar 82,72 % dan konstanta pH 8.5 (10,09) atau lebih besar dibanding konstanta pH 10.7 (6,80).

Daftar Pustaka

- Akhinov, A. F., Hati, D. P. dan Setyawan, H. (2010). Sintesis Silika Aerogol Berbasis Abu Bagasse dengan Pengeringan pada Tekanan Ambient., *Seminar Rekayasa dan Proses*, 1411-1416.
- Amrin. (2016). Data Mining dengan Regresi Linier Berganda untuk Peramalan Tingkat Inflasi". *Techno Nusa Mandiri*,13.
- Apriyanti, D., Santi, V. I. dan Siregar, Y. D. (2013), Pengkajian Metode Analisis Amonia Dalam Air Dengan Metode Salicylate Test Kit, *Ecolab*,7(2),49-108.
- Akhinov, A. F., Hati, D. P. dan Setyawan, H. (2010). Sintesis Silika Aerogol Berbasis Abu Bagasse dengan Pengeringan pada Tekanan Ambient, *Seminar Rekayasa dan Proses*, 1411-1416.
- Amrin. (2016), Data Mining dengan Regresi Linier Berganda untuk Peramalan Tingkat Inflasi. *Techno Nusa Mandiri*,13.
- Apriyanti, D., Santi, V. I. dan Siregar, Y. D. (2013).Pengkajian Metode Analisis Amonia Dalam Air Dengan Metode Salicylate Test Kit, *Ecolab*, 7(2), 49-108.
- Bakhtera, A. D., Rusdi. dan Mardiah, A. (2016). "Penetapan Kadar Protein dalam Telur Unggas Melalui Nitrogen Menggunakan Metode Kjeldahl", *Higea*,8 (2).
- Banon, C. dan Suharto, T. E. (2008). Adsorpsi Amoniak oleh Adsorben Zeolit Alam yang Diaktivasi dengan Larutan Amonium Nitrat", *Gradien*, 4, (2), 354-360.
- Eviati dan Sulaeman. (2009). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk (Vol. 2)*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Finalda, D. (2015). *Gasifikasi Biomassa (Ampas Tebu) Sistem Updraft Single Gas Outlet dengan Sistem Pembersih Filter Jerami (Ditinjau dari Distribusi Temperatur pada Reaktor Terhadap Spesific Fuel Consumed)*, Tesis, Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Google, Image. (2018). diakses pada 3 Januari <https://adsorpsi.files.wordpress.com/2011/08/adsorpsi2.png>.
- Hadijah. (2013). Peramalan Operasional Reservasi dengan Program Minitab Menggunakan Pendekatan Arima Pt Surindo Andalan. *The Winners*, 14(1), 13-19.

- Handayani, M. dan Sulistiyono, E. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit, *Prosiding Sains dan Teknologi Nuklir*, Bandung, 130-136.
- Kosim, H., Arita, S. dan Hermansyah. (2015). Pengurangan Kadar Amonia dari Limbah Cair Pupuk Urea dengan Adsorpsi Menggunakan Adsorben Bentinit, *Jurnal Penelitian Sains*, 17.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. (2014). Baku Mutu Air Limbah Cair Bagi Industri, Lampiran I, No. 52.
- Metcalf dan Eddy. (2003). *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse* (Vol. 4). Hong Kong.
- Murti, R. S., Purwanti, C. M. dan Suyatini. (2013). Adsorpsi Amonia dari Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Abu Terbang Bagas. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik Yogyakarta*, 29, 85-90.
- Permanda, M. F., Loekitowati, P. dan Mohadi, R. (2017). Penggunaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Industri Songket, *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*, 7(1), 37-40.
- Putri, S. D., Sapei, A. H. dan Henry. (2014). *Analisis Kualitas Air Sungai Ciujung Menggunakan Model WASP (Water Quality Analysis Simulation Program)*, Tugas Akhir, Teknik Sipil dan Lingkungan, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rezakazemi, M., Nezameddin, S. dan Ashrafizadeh. (2012). Simulation of Ammonia Removal from Industrial Wastewater Streams by Means of a Hollow-Fiber Membrane Contactor, *Desalination*, 285, 383-392.
- Sari, R. dan Listyorini, T. (2013). Analisis Statistik untuk Pengukuran Nilai Pembelajaran Logika Informatika (Studi Kasus : Program Studi Teknik Informatika), *Jurnal Simetris*, 4, 71-81.
- Setyowati, R. (2012), *Adsorpsi Menggunakan Arang Bagasse Sebagai Adsorben Limbah Tekstil Batik Tulis*, Tugas Akhir, Teknik Lingkungan, Surabaya: UPN Veteran Jawa Timur.
- Shan Ho, Y. (2006), "Isotherms for the Sorption of Lead Onto Peat : Comparison of Linear and Non-Linear Methods", *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(1), 81-86.
- Sholeh, M., Agus, P. dan Sarto. (2012). Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Abu Terbang Bagas Secara Batch, *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 28, 26-34.
- Simbolon, A. M. (2016). *Penetapan Kadar Amonia dalam Air Bersih dengan Metode Spektrofotometer Visible*, Tugas Akhir, Teknik Lingkungan, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Slamet dan Imas, K. K. (2017). Pemanfaatan Limbah Fly Ash untuk Penangan Limbah Cair Amonia. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 39(2), 69-78.
- Supriani, N. (2016). *Pengaruh Suhu Adsorpsi Terhadap Mutu Minyak Goreng Bekas oleh Arang Aktif Tempurung Kemiri*, Tugas Akhir, Teknik Lingkungan, Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Udyani, K. (2013). Adsorpsi Deterjen dalam Air Menggunakan Adsorben Karbon Aktif pada Kolom Fluidisasi. *Jurnal ITATS*, 1-6.
- Wijayanti, R., Soebrata, B. M. dan Pari, G. (2009). *Arang Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*, Tugas Akhir, Departemen Kimia, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wulandari, F., Umiatin dan Budi, E. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Cu^{2+} . *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16(2), 60-64.
- Yustinah dan Hartini. (2011), Adsorpsi Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Aktif dari Sabut Kelapa, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "KEJUANGAN"*, Yogyakarta, 1693-4393, B05-1 - B05-5.