

STUDI KINETIKA ADSORPSI ISOTERM PERSAMAAN LANGMUIR DAN FREUNDLICH PADA ABU GOSOK SEBAGAI ADSORBEN

Imas Eva Wijayanti*, Eka Anisa Kurniawati

Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jalan Raya Jakarta KM. 04 Pakupatan Kota Serang, 42118, Banten

*Email: imas@untirta.ac.id

Diterima: 11 Juli 2019. Disetujui: 9 Juli 2019. Dipublikasikan: 30 Juli 2019

DOI: 10.30870/educhemia.v4i2.6119

Abstract: The utilization of rice husk ash as an adsorbent has not been studied even though it has been used in various purposes. Therefore, it is important to research on the reaction rate absorption capacity of the adsorbent rice husk ash. By seen the chemical kinetics of rice husk, a study was identified the character of rice husk ash on its absorption capacity. The research was conducted by testing methods to two kinetics adsorption equations i.e Langmuir and Freundlich on changes in NaOH concentration. The experimental results show that process of absorption NaOH follows the Langmuir and Freundlich equations with r equal to 0.973. The suitable equation for determining the maximum adsorption capacity is to follow the Langmuir equation. The optimum concentration of NaOH adsorbed by active rice husk ash is 22,163 mg/L with an adsorption capacity of 4,433 mg/g.

Keywords: rice husk; activated carbon; adsorption; chemical kinetics

Abstrak: Pemanfaatan abu sekam padi sebagai adsorben belum banyak diteliti meski telah digunakan pada berbagai keperluan. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian tentang laju reaksi kapasitas penyerapan adsorben pada abu sekam padi ini. Dengan memperhatikan sifat-sifat kinetika kimia pada sekam padi, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengenali karakter abu sekam padi pada kapasitas penyerapannya. Penelitian dilakukan dengan metode pengujian pada dua persamaan adsorpsi kinetika yaitu Langmuir dan Freundlich pada perubahan konsentrasi NaOH. Hasil percobaan diketahui bahwa proses penyerapan NaOH mengikuti persamaan Langmuir dan Freundlich dengan r sebesar 0,973. Persamaan yang digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi mengikuti persamaan Langmuir. Konsentrasi optimum NaOH yang diadsorpsi oleh abu sekam padi aktif adalah sebesar 22,163 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 4.433 mg/g.

Kata kunci: sekam padi; arang aktif; adsorpsi; kinetika kimia

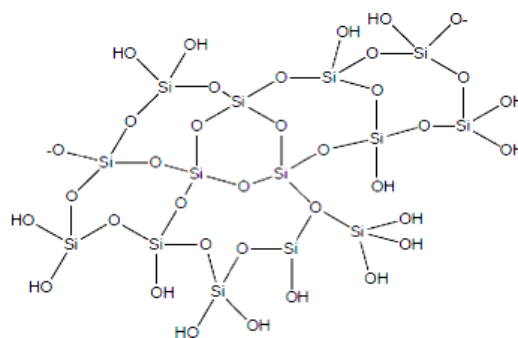
PENDAHULUAN

Sekam padi adalah limbah pertanian yang banyak ditemukan di negara-negara penghasil beras. Sebanyak 600 juta ton padi dihasilkan setiap tahun dan 20% diantaranya ialah sekam padi atau sekitar 120 juta ton (Babaso & Sharanagouda, 2017). Sekam padi biasanya dibakar, sehingga dihasilkan residu berupa abu sekam padi (Lopez, et al., 2014).

Abu sekam padi berasal dari kulit padi yang dibakar menjadi abu. Pada umumnya, sekam padi dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif untuk pembakaran batu bata atau dibakar untuk digunakan sebagai abu gosok. Proses penggilingan dari produksi padi menghasilkan sekam padi sebesar 20%, sedangkan abu sekam padi yang dihasilkan dari proses pembakaran sekam padi dapat mencapai 18% dari jumlah sekamnya (Folletto, et al., 2006).

Sebanyak 90% abu sekam padi yang dihasilkan hasil pembakaran sekam padi adalah silika (Houston, 1972). Pengendalian suhu dan lingkungan yang cocok saat pembakaran bisa menghasilkan kualitas abu sekam padi yang lebih baik karena ukuran partikel dipengaruhi oleh kondisi pembakaran. Abu sekam padi yang terbakar sempurna akan berwarna putih, sedangkan yang tidak terbakar sempurna akan berwarna kehitaman (Chakraverty, et al., 1988).

Silika amorf dalam bentuk siloksan (SiO_2) diduga mempengaruhi terbentuknya warna putih pada abu sekam. Struktur ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur abu sekam padi

Pemanfaatan abu sekam padi sebagai adsorben karena mempunyai material berpori dan gugus aktif yaitu Si-O-Si dan Si-OH (Setyaningtyas, et al., 2005). Abu sekam padi mengandung > 90% silika dimanfaatkan sebagai adsorben, abu gosok, bahan pengisi/filler, dan bahan tambahan dalam pembuatan bahan bangunan seperti semen dan beton. Silika sering dimodifikasi dengan gugus organik untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya.

Adsorpsi adalah terserapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme adsorpsi digambarkan sebagai proses dimana molekul yang semula ada pada larutan, menempel pada permukaan zat adsorben secara fisika. Suatu molekul dapat teradsorpsi jika gaya adhesi antara molekul adsorbat dengan molekul

adsorben lebih besar dibanding dengan gaya kohesi pada masing-masing molekul ini. Proses adsorpsi biasanya dilakukan untuk mengurangi senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair, sehingga limbah cair dapat dimurnikan. Proses adsorpsi terjadi karena adanya luas permukaan, makin luas permukaan adsorben yang disediakan maka makin banyak molekul yang diserap (Bassett, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan adsorpsi arang aktif dari abu sekam padi sebagai adsorben persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pembuatan penjerap sintetis.

METODE

Pembuatan arang aktif (Haniko, 2010)

Pembuatan abu dari sekam padi dengan cara memasukkan wadah porselen ke dalam tungku pemanas. Setelah proses pemanasan, abu sekam padi didinginkan kemudian dicuci dengan menggunakan aquades dan dikeringkan dengan menggunakan oven pada temperatur 100 °C selama 1 jam. Terakhir, abu diaktivasi secara fisik melalui pemanasan pada temperatur 250, 300, 350, dan 400 °C dengan variasi waktu masing-masing temperatur selama 15 dan 30 menit. Abu yang telah aktif

digerus menggunakan lumpang porselen, lalu diayak dengan ukuran 18, 34, dan 60 mesh.

Penentuan rendemen (SNI 01-16821996)

Rendemen abu aktif ditetapkan dengan menghitung perbandingan berat abu sekam hasil aktivasi terhadap berat sekam padi yang tidak diaktivasi.

Pembuatan larutan HCl dan NaOH

Membuat larutan asam klorida 0,2 M sebanyak 500 mL. Membuat larutan natrium hidroksida 0,2 M sebanyak 500 mL. Membuat larutan asam oksalat 0,2 M sebanyak 100 mL.

Pengerjaan contoh

Satu gram karbon aktif dimasukkan ke dalam erlenmeyer, dilakukan secara triplo. Tambahkan 50 mL larutan HCl 0,2 M pada masing-masing erlenmeyer, kocok selama 1, 3, 5, 7, dan 9 menit. Saring dan pipet 10 mL dari tiap larutan lalu titrasi dengan larutan standar NaOH 0,1 M dengan menggunakan indikator fenolftalein.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menentukan konsentrasi akhir NaOH setelah melalui proses adsorpsi dari konsentrasi adsorbat terhadap kapasitas adsorpsi. Hasil analisis ini kemudian dimasukkan ke dalam persamaan isoterm

Langmuir dan Freundlich untuk menentukan model isoterm adsorpsi pada adsorben. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir (Zahroh, 2010).

$$Q = \frac{b \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e}$$

Persamaan di atas dapat diturunkan secara linier menjadi:

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b}C_e$$

Keterangan:

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

K = konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mg)

B = kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben (mg/g)

Sementara itu, persamaan isoterm adsorpsi Freundlich (Rahmalia, et al., 2009) dirumuskan dengan:

$$Q = k \cdot C_e^{1/2}$$

Persamaan di atas dapat diubah ke dalam bentuk linier yaitu dengan cara mengubah bentuk logaritmanya:

$$\text{Log } Q = \text{Log } k + 1/n \text{ Log } C_e$$

Keterangan:

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

k = konstanta adsorpsi Freundlich

n = konstanta empiris

Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk melihat berat adsorben optimum (rendemen), waktu pengocokan optimum, dan kapasitas adsorpsi pada kondisi

optimum. Untuk menentukan kapasitas adsorpsi, dihitung dari konsentrasi natrium hidroksida dengan jumlah asam klorida terserap oleh abu sekam padi adalah selisih konsentrasi asam klorida mula-mula (C_i) dengan konsentrasi asam klorida pada saat kesetimbangan (C_{eq}).

Optimasi Ukuran Abu Sekam Padi

Abu sekam padi dibuat dengan pembakaran dalam tungku pembakar (*furnace*) pada suhu 250 °C. Pada suhu yang rendah, sebagian sekam padi terbakar menjadi abu. Pada suhu yang lebih tinggi, karbon terbakar lebih lanjut menjadi abu. Semakin tinggi suhu pembakaran, semakin besar sekam padi berubah menjadi abu. Pembakaran yang dilakukan dengan suhu tinggi ini menyebabkan berat abu hasil karbonisasi jauh berkurang daripada ketika awal (sekam padi). Sebelum dilakukan pembakaran, sekam padi dicuci dengan air untuk melepaskan kotoran. Setelah itu, dilakukan proses pengeringan untuk mengurangi kandungan air. Proses pengeringan ini berbanding lurus dengan laju pengurangan volume. Laju pengurangan volume semakin menurun seiring dengan penurunan kadar air, meskipun proses ini tidak terjadi dalam satu waktu yang bersamaan.

Abu sekam padi aktif diayak menggunakan ayakan berukuran 18, 34, dan 60 mesh. Proses pengayakan penting

dilakukan karena efisiensi adsorben terhadap adsorbat salah satunya dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Secara teoritis, efisiensi penyerapan akan semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Dengan mengecilnya ukuran partikel, maka luas permukaan adsorben bertambah, sehingga ion-ion akan lebih banyak terserap pada permukaan adsorben (Sunarya, 2007). Dari hasil penelitian, diketahui ukuran abu sekam padi aktif yang paling baik adalah untuk ukuran 64 mesh.

Rendemen Optimal

Rendemen abu adalah perbandingan jumlah abu sekam padi yang dihasilkan setelah pemanasan 250 °C dengan sekam padi yang baru diperoleh secara pembakaran biasa. Rendemen biasanya menggunakan satuan persen (%) untuk menyatakan hasil. Semakin tinggi nilai rendemen, menandakan proses pembuatan abu sekam padi semakin baik. Pengaruh variasi jumlah adsorben yang digunakan dapat dilihat dari konsentrasi masing-masing larutan digunakan yaitu sebesar 0,2 M, sedangkan massa adsorben yang diujikan adalah 1 gram. Adsorpsi dilakukan dalam menggunakan *shaker* (pengguncang). Proses adsorpsi dilakukan pada suhu 26 °C. Pemilihan suhu ini karena pada proses adsorpsi terjadi pada suhu tinggi bisa

mengakibatkan ion yang terserap oleh adsorben hanya sedikit. Semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, pergerakan ion semakin cepat sehingga jumlah ion yang terserap semakin berkurang. Hal ini dapat mengakibatkan berkurangnya kapasitas adsorpsi (Kundari & Slamet, 2008).

Rendemen tertinggi terdapat pada abu aktif temperatur 250 °C selama 15 menit dan terendah terdapat pada abu aktif dengan temperatur 400 °C selama 30 menit, sedangkan untuk sampel rendemen berkisar antara 50,6 - 61,2%. Rendemen abu sekam padi aktif dipengaruhi oleh waktu kontak pengocokan dan temperatur aktivasi. Peningkatan yang terlalu tinggi pada temperatur dan waktu aktivasi yang digunakan dapat menurunkan rendemen abu sekam padi yang dihasilkan (Murthiasari, et al., 2012).

Kadar asam atau basa dalam suatu sampel dapat ditentukan dengan cara titrasi penetralan. Misalnya kadar asam cuka yang beredar di pasaran dapat ditentukan melalui titrasi dengan penitrasi basa seperti NaOH. Atau kadar boraks dalam bakso (yang merupakan garam basa) dapat ditentukan dengan cara titrasi penetralan menggunakan penitrasi asam seperti HCl. (Permanasari, 2001). Kedua penitrasi ini merupakan zat baku sekunder, selain misalnya KOH dan

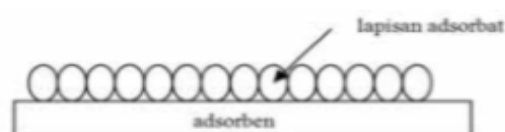
H₂SO₄, sehingga jika akan digunakan sebagai penitrasi harus dibakukan terlebih dahulu menggunakan penitrasi larutan zat baku primer. Hal ini karena zat baku sekunder tidak stabil, agak sukar dimurnikan, dan tidak tahan lama dalam bentuk larutannya, sehingga bila akan digunakan sebagai standar, maka perlu dibakukan dahulu (Vogel, 1985). Oleh karena itu, NaOH pada penelitian ini dititrasi dengan menggunakan asam oksalat yang merupakan zat baku primer.

NaOH adalah standar sekunder. Oleh karena itu perlu pembakuan terhadap larutan NaOH untuk mengetahui konsentrasinya secara pasti. Karena NaOH akan ditentukan konsentrasinya melalui titrasi dengan menggunakan standar primer (asam oksalat), sehingga penimbangan cukup menggunakan neraca teknis. Dalam pembuatan larutan NaOH, perlu digunakan akuades yang bebas CO₂ karena dengan adanya CO₂ dalam air, menyebabkan NaOH bereaksi dengan gas tersebut sehingga akan membentuk garam karbonat. Bila NaOH dititrasi dengan asam, maka garam tersebut akan turut bereaksi sehingga akan mengganggu penetapan konsentrasi (Vogel, 1985).

Konsentrasi Optimum

Konsentrasi optimum NaOH yang diadsorpsi oleh abu sekam padi aktif adalah sebesar 22,163 mg/L dengan

kapasitas adsorpsi sebesar 4.433 mg/g. Adsorben mengalami penurunan kapasitas adsorpsi di atas konsentrasi optimum, hal ini disebabkan oleh lapisan luar abu sekam padi telah jenuh sehingga adsorben tidak dapat lagi menyerap molekul-molekul NaOH lain, digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Ilustrasi Adsorpsi dengan persamaan Langmuir

Semakin tinggi konsentrasi larutan NaOH maka semakin banyak molekul NaOH yang berinteraksi kemudian bertumbukan dengan adsorben, sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat (Sianipar, et al., 2016). Selain itu, porositas adsorben dapat mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben. Semakin besar porositas suatu adsorben, kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil (Khasanah, 2009).

Penentuan Persamaan Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

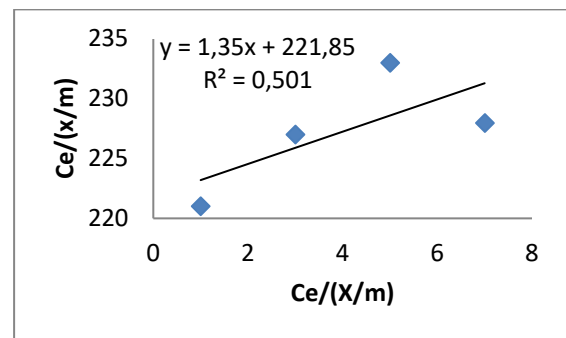
Setelah dilakukan proses penyiapan bahan dengan mengukur larutan NaOH hasil adsorpsi oleh abu sekam padi, kemudian dilakukan perhitungan dan pembuatan plot pada grafik sehingga akan diperoleh puncak data. Dari grafik,

diperoleh garis ekstrapolasi yaitu berupa garis lurus dengan memasukkan persamaan adsorpsi Freundlich dan Langmuir. Pembuatan plot grafik dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel yang dihitung berdasarkan dua persamaan ini. Dari kedua persamaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan sehingga dapat diketahui kapasitas adsorben abu sekam padi (Handayani & Sulistiyono, 2009).

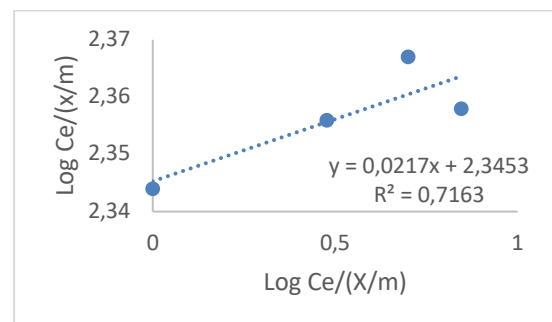
Proses adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi beberapa faktor serta mempunyai pola isoterm adsorpsi tertentu yang khas. Jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi, dan suhu merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi. Dengan adanya faktor-faktor tersebut, setiap adsorben yang menyerap zat satu dengan zat lain tidak akan mempunyai pola adsorpsi yang sama. Diketahui ada dua jenis persamaan pola isoterm adsorpsi yang biasa digunakan pada proses adsorpsi dalam larutan, yaitu persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Gambar 3 menunjukkan persamaan garis pada adsorpsi isotermis Langmuir.

Abu sekam padi yang telah diaktivasi diuji kemampuan adsorpsinya terhadap NaOH dengan berbagai perlakuan waktu dan luas permukaan adsorben yang telah

diaktivasi. Hasil pengukuran konsentrasi dari masing-masing jenis filtrat yang dihasilkan (berdasarkan lama waktu kontak dan luas permukaan) setelah proses adsorpsi kemudian dimasukkan dalam persamaan garis lurus dari kurva standar sehingga diperoleh persamaan garis $y = 2,1x + 220,3$ dengan koefisien regresi linier $r = 0,973$ pada persamaan adsorpsi Langmuir dan dinyatakan pada Gambar 4.



Gambar 3. Persamaan adsorpsi isoterm Langmuir dari $C_e/(x/m)$ versus C_e



Gambar 4. Persamaan adsorpsi isoterm Freundlich dari $\log (x/m)$ versus $\log C_e$

Pada persamaan adsorpsi Freundlich diperoleh persamaan garis $y = 0,0217x + 2,3453$ dengan koefisien regresi linier $r = 0,846$. Model persamaan Freundlich menyatakan bahwa ada lebih dari satu

lapisan permukaan dan sisi bersifat heterogen, sehingga terjadi perbedaan energi ikatan pada tiap-tiap sisi. Pada model persamaan Langmuir terjadi adsorpsi di tiap-tiap sisi adsorpsi dan bersifat homogen. Karena adanya sifat homogen tersebut, maka dari kedua hasil percobaan ini, percobaan abu sekam padi yang telah diaktivasi mengikuti persamaan adsorpsi Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal zat yang teradsorpsi.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan adsorpsi arang aktif dari abu sekam padi sebagai adsorben dengan menguji dari persamaan isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich sehingga dapat dimanfaatkan

untuk kepentingan pembuatan penyerap sintetis menggunakan metode yang sesuai dengan karakter bahan bakunya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak adsorben dengan adsorbat, maka semakin besar pula massa NaOH yang teradsorpsi oleh abu sekam padi. Adapun konsentrasi optimum NaOH yang diadsorpsi oleh abu sekam padi aktif adalah sebesar 22,163 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 4.433 mg/g. Proses adsorpsi pada penelitian ini mengikuti persamaan isotherm adsorpsi Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal zat yang teradsorpsi. Tindak lanjut penelitian ini sebaiknya adsorben digunakan aplikasi pada limbah sehingga pemanfaatan abu sekam padi dapat digunakan lebih bermakna.

DAFTAR RUJUKAN

- Babaso, P. N. & Sharanagouda, H., 2017. Rice Husk and Its Applications: Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), pp. 1144-1156.
- Bassett, J., 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Penerbit buku Kedokteran EGC.
- Chakraverty, A., Mishra, P. & Banerjee, D., 1988. Investigation of Combustion of Raw and Acid-Leached Rice Husk for Production of Pure Amorphous White Silica. *Journal of Materials Science*, 23(1), pp. 21-24.
- Folleto, E. L., Ederson, G., Leonardo, H. O. & j., S., 2006. Conversion of Rice Hulk Ash Into Sodium Silicate. *Material Research*, 9(3), pp. 335-338.

- Handayani, M. & Sulistiyono, E., 2009. *Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (Vi) oleh Zeolit*. Bandung, PTNBR – BATAN Bandung, pp. 130 - 136.
- Haniko, 2010. *Studi Adsorpsi Ion Ca^{2+} menggunakan Adsorben Arang Kayu Matoa (*Pometia pinnata*) untuk Menurunkan Kesadahan Air*, Manokwari: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Papua.
- Houston, D., 1972. *Rice Chemistry and Technology*. 1 ed. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemist, Inc..
- Khasanah, E., 2009. *Adsorpsi Logam Berat*, Bitung: UPT Loka Konservasi Biota.
- Kundari, N. A. & Slamet, W., 2008. *Tujuan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit*. Yogyakarta, Teknologi Nuklir: STTN BATAN.
- Lopez, F. J., Sugita, S., Tagaya, M. & Kobayashi, T., 2014. Geopolymers Using Rice Husk Silica and Metakaolin Derivatives; Preparation and Their Characteristics. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 2(1), pp. 35-43.
- Murthihapsari, Mangallo, B. & Handayani, D. D., 2012. Model Isoterm Freundlich dan Langmuir oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*G. verticillata* (Wild) Munro) dan Bambu Ater (*G. atter* (Hassk) Kurz ex Munro). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 2(1), pp. 17 - 23.
- Permanasari, A., 2001. *Titration Volumetri*, Bandung: Tim Kimia Analitik UPI.
- Rahmalia, W. et al., 2009. *Pemanfaatan potensi tandan Kelapa Kosong (*Elais guineensis Jacq*) sebagai bahan dasar c-aktif untuk adsorpsi logam perak dalam larutan*, Pontianak: Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
- Setyaningtyas, T., Zufahair. & Suyata, 2005. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kadmium (II) dalam Pelarut Air. *Majalah Kimia Universitas Jenderal Soedirman*, 31(1), pp. 33-41.
- Sianipar, L. D., Zaharah, T. A. & Syahbanu, I., 2016. Adsorpsi Fe(II) (*Ma cacao l.*) Teraktivasi Asam Klorida. *JKK*, 5(2), pp. 50 - 59.
- Sunarya, Y., 2007. *Kimia Umum*. Bandung: Grafiindo.
- Vogel, 1985. *A Text-book of Qualitative Chemical Analysis*. 4 ed. London: McGraw-Hill.
- Zahroh, W., 2010. *Kajian Kesetimbangan Adsorpsi Cr (VI) pada Biomassa*

Kangkung Air (Ipomoea aquatica Forsk), Malang: Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Islam Negeri (UIN)
Maulana Malik Ibrahim.