

Kesetimbangan Adsorpsi Zat Warna Metilen Blue dengan Adsorben Karbon Aktif Tongkol Jagung Terimpregnasi Fe_2O_3

Equilibrium Adsorption of Methylene Blue Dyes with Activated Carbon Adsorbent
Corncob Impregnated Fe_2O_3

Yuli Ristianingsih^{1*}, Alit Istiani¹, Fauzan Irfandy¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta,
Jl. SWK (104) Condong Catur, Yogyakarta 55283
Email: risschma.tekim0213@gmail.com

Naskah diterima: 02 Maret 2020; Naskah disetujui : 27 April 2020

ABSTRACT

Methylene blue is an organic dye that is widely used in the textile industry, it has properties that are easily soluble in water and harmful to human health. In this research, the adsorption of methylene blue dye was carried out using activated carbon adsorbents from corn cobs that were impregnated with Fe_2O_3 . The adsorption process was carried out on a batch reactor for 120 minutes using 0,025 grams of KAJ / Fe_2O_3 adsorbent and a stirring speed of 150 rpm. The purpose of this research was to study the effect of temperature and variations in the addition of the fenton H_2O_2 reagent to this adsorption process of methylene blue dyes. The results showed that the addition of the fenton reagent (H_2O_2) could increase the adsorption capacity by 25,98%. The optimum temperature of the adsorption process occurs at 30 °C with an average absorption capacity of 71.93%. The appropriate adsorption equilibrium model in this study is the Langmuir isotherm with the Langmuir constant value (b) and the maximum absorption capacity (qm) obtained at 0,49 and 15,38 mg / L, respectively.

Keywords: Adsorption, Fenton reagent, KAJ/ Fe_2O_3 , Langmuir isotherm, Methylene blue

ABSTRAK

Methylene blue merupakan zat warna organik yang banyak digunakan pada industri tekstil, memiliki sifat mudah larut dalam air dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Pada penelitian ini, adsorpsi zat warna metilen blue dilakukan dengan menggunakan adsorben karbon aktif dari tongkol jagung yang terimpregnasi Fe_2O_3 . Proses adsorpsi dijalankan pada sebuah reaktor batch selama 120 menit dengan menggunakan adsorben KAJ/ Fe_2O_3 sebanyak 0,025 gram dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh suhu dan variasi penambahan reagen fenton H_2O_2 terhadap proses adsorpsi zat warna metilen blue. Hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan reagen fenton (H_2O_2) dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi sebesar 25,98%. Suhu optimum proses adsorpsi terjadi pada suhu 30 °C dengan kapasitas penjerapan rata-rata sebesar 71,93%. Model kesetimbangan adsorpsi yang sesuai pada penelitian ini ada isotherm Langmuir dengan nilai konstanta Langmuir (b) dan kapasitas penjerapan maksimum (qm) yang diperoleh masing-masing sebesar 0,49 dan 15,38 mg/L.

Kata kunci: Adsorpsi, Reagen fenton, KAJ/ Fe_2O_3 , Isotherm langmuir, Metilen blue

PENDAHULUAN

Limbah cair industri tekstil mengandung kontaminan yang berbahaya seperti senyawa organik, zat padat tersuspensi, fenol, zat warna sintetis serta kandungan logam berbahaya seperti kromium, timbale dan lain lain(Hayati dkk., 2016). Kandungan terbesar dari limbah tekstil adalah zat warna sintetis. Zat warna yang digunakan pada proses pencelupan dan pewarnaan, tidak meresap seluruhnya ke dalam serat kain sehingga efluen yang dihasilkan masih mengandung residu zat warna tinggi. Salah satu zat warna yang biasanya digunakan pada industri tekstil adalah metilen blue yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Metilen blue dapat menimbulkan iritasi pada kulit, iritasi pada saluran pencernaan, jika terhirup dapat menimbulkan sianosis (Fayazi *et al.*, 2016).

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang ditimbulkan karena pemakaian zat warna metilen blue, maka limbah cair industri tekstil perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi pencemaran zat warna metilen blue yang mudah dan ekonomis adalah dengan proses adsorpsi. Penggunaan adsorben yang murah dan ramah lingkungan sangat diperlukan untuk menekan biaya proses adsorpsi. Salah satu adsorben yang potensial untuk dikembangkan adalah karbon aktif dari tongkol jagung. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian proses adsorpsi dengan menggunakan limbah biomassa yang mengandung karbon maupun selulosa seperti tempurung kelapa (Amelia dan Mufrodi, 2018), biji trembesi (Hayati dkk., 2016), serat purun tikus (Irawan dkk., 2018), tongkol jagung (Bagheri and Abdi, 2011; Ningsih dkk., 2016; Ma *et al.*, 2015; Montero *et al.*, 2018).

Pada penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan karbon aktif tongkol jagung yang diimpregnasi dengan Fe_2O_3 untuk mengurangi kandungan zat warna metilen blue pada limbah cair industri tekstil. Penambahan logam Fe_2O_3 pada karbon aktif tongkol jagung dimaksudkan untuk meningkatkan luas permukaan sehingga dapat meningkatkan kapasitas penjerapan zat warna metilen blue. Tongkol jagung digunakan sebagai adsorben karena mengandung kadar selulosa dan karbon yang tinggi masing-masing sebesar 26,81% dan 39,80% (Septiningrum, 2011).

Proses adsorpsi cairan pada permukaan padatan dipelajari melalui model isoterms yang menghubungkan jumlah adsorbat pada permukaan adsorben dengan konsentrasi. Isotherm adsorpsi dalam penetapan kapasitas adsorpsi serta mengevaluasi mekanisme dari suatu proses adsorpsi. Model isotherm adsorpsi yang biasa digunakan antara lain model

isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Isoterm Freundlich berasumsi bahwa permukaan adsorben yang heterogen memiliki situs adsorpsi dengan energi ikatan yang berbeda. Sedangkan isotherm Langmuir berasumsi bahwa adsorpsi berlangsung pada situs-spesifik yang homogen dengan hanya sejenis molekul menempati satu situs (monolayer) (Manohar *et al.*, 2006; Shahwan *et al.*, 2006).

METODE PENELITIAN

Alat

Penelitian ini menggunakan rangkaian alat adsorpsi yang terdiri dari magnetic stirrer, erlenmeyer, pengaduk dan termometer. Selain peralatan utama tersebut, penelitian ini juga menggunakan alat-alat laboratorium pendukung seperti neraca analitis, labu ukur, kertas saring, furnace, oven, kurs, ayakan 150 mesh, spektrofotometer UV VIS dll.

Bahan

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan adsorben adalah tongkol jagung yang diperoleh dari petani jagung di kota Yogyakarta. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (99% Merk) yang digunakan sebagai sumber Fe_2O_3 untuk proses impregnasi karbon aktif. Selain bahan utama juga digunakan bahan kimia pendukung seperti isopropanol (97% analytical grade, Bratacem), methylene blue (95% analytical grade, Sigma Aldrich), KOH (99% analytical grade, Bratacem), HCl (37% analytical grade, Bratacem) dan isopropanol.

Pembuatan Karbon Aktif Tongkol Jagung

Tongkol jagung dicuci dengan akuades dan kemudian dikeringkan pada suhu 120°C . Ukuran tongkol jagung dikecilkan kemudian dikarbonisasi dengan *furnace* pada suhu $300-400^\circ\text{C}$. Karbon yang dihasilkan kemudian dihaluskan dan disaring dengan ayakan 150 mesh, kemudian diaktifasi dengan larutan KOH 7 M (Amelia dan Mufrodi, 2018).

Wet Impregnation Karbon Aktif Tongkol Jagung dengan Fe_2O_3

Larutan garam $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dengan berbeda-beda konsentrasi (1%, 2%, 3%) w/v dimasukkan ke dalam botol yang di dalamnya terdapat 2 gram karbon aktif. Campuran karbon aktif dan larutan garam $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ kemudian di ultrasonikator selama 1 jam. Karbon aktif/ Fe_2O_3 ini kemudian dioven pada suhu 60°C dan kemudian dikalsinasi pada suhu 300°C (Amelia dan Mufrodi, 2018).

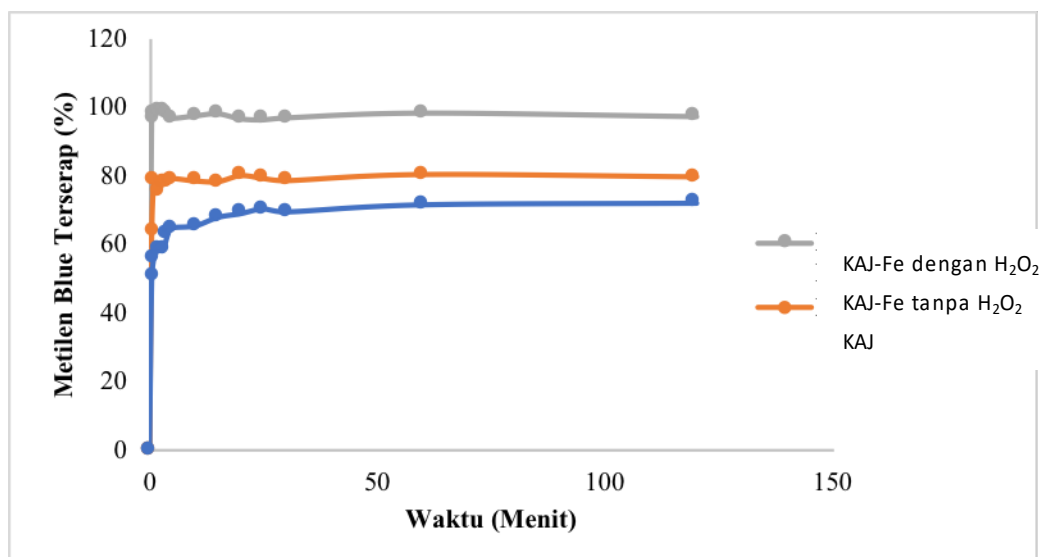
Adsorpsi Methylene Blue

Sebanyak 0,025 gram karbon aktif/ Fe_2O_3 dimasukkan kedalam 100 mL larutan metthylene blue 20 ppm kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm pada variasi suhu ($30\text{ }^\circ\text{C}$, $40\text{ }^\circ\text{C}$ dan $50\text{ }^\circ\text{C}$) selama 120 menit. Pengambilan sampel dilakukan setiap waktu tertentu kemudian dianalisa dengan Spektrofotometer UV-VIS pada gelombang 663 nm untuk mengetahui konsentrasi metilen blue tersisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan H_2O_2 Terhadap Adsorpsi Zat Warna Metilen Blue

Adsorpsi zat warna metilen blue menggunakan adsorben karbon aktif tongkol jagung/ Fe_2O_3 (KAJ/ Fe_2O_3) dengan penambahan reagen fenton (H_2O_2) memberikan hasil yang lebih signifikan jika dibandingkan tanpa penambahan reagen fenton (H_2O_2). Hidrogen peroksida (H_2O_2) memiliki sifat oksidatif yang sangat kuat karena sifat radikal hidroksil yang dimilikinya. Radikal hidroksil dari hidrogen peroksida inilah yang akan berikatan dengan ion Fe sehingga dapat menguraikan senyawa metilen blue sehingga kapasitas adsorpsi meningkat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Hudaya dkk., 2011).



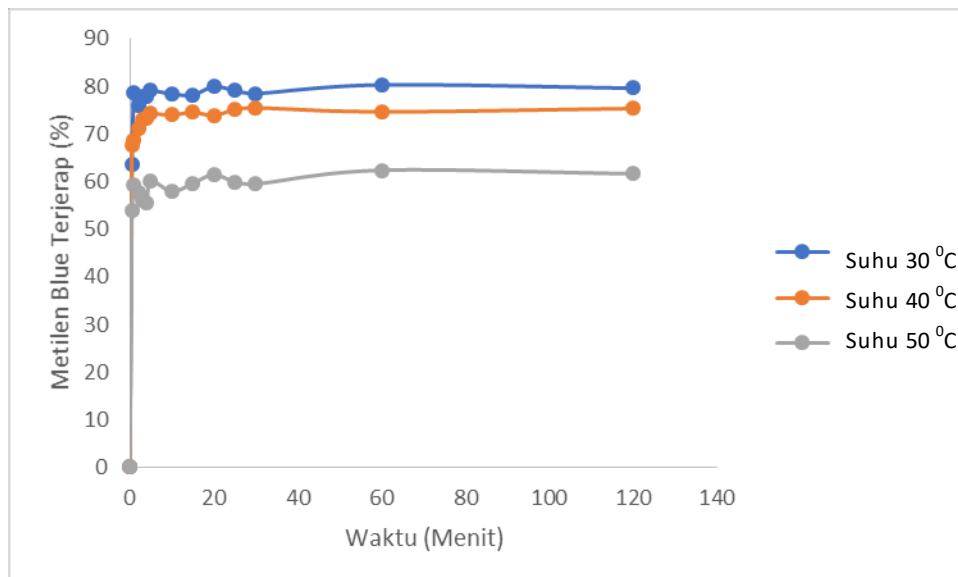
Gambar 1. Pengaruh Penambahan H_2O_2 Terhadap Kapasitas Penyerapan Metilen Blue

Pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa penambahan H_2O_2 dapat meningkatkan kapasitas penyerapan zat warna metilen blue sebesar 25,98% jika dibandingkan tanpa

penambahan H_2O_2 . Dari Gambar 1 juga dapat dilihat pada saat awal penambahan H_2O_2 kapasitas penjerapan metilen blue semakin besar, akan tetapi semakin lama waktu adsorpsi maka penambahan H_2O_2 tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penjerapan zat warna metilen blue. Pada keadaan setimbang, KAJ/ Fe_2O_3 sudah dalam keadaan jenuh sehingga penambahan H_2O_2 sudah tidak dapat menyerap zat warna metilen blue yang mengakibatkan kapasitas penjerapan menurun. Hal ini dikarenakan pengaruh Fe_2O_3 dan H_2O_2 berlebih akan menambah jumlah endapan ferri hidroksida yang dapat mengganggu proses radikal hidroksil dari H_2O_2 dalam berikatan dengan ion Fe untuk menguraikan senyawa metilen blue (Wardiyati dkk., 2012).

Pengaruh Suhu Terhadap Adsorpsi Zat Warna Metilen Blue

Adsorpsi zat warna metilen blue menggunakan karbon aktif tongkol jagung yang terimpregnasi Fe_2O_3 dilakukan dengan memvariasikan suhu adsorpsi sebesar $30\text{ }^{\circ}C$, $40\text{ }^{\circ}C$ dan $50\text{ }^{\circ}C$. Pengaruh suhu terhadap proses adsorpsi zat warna metilen blue dapat dilihat pada Gambar 2.



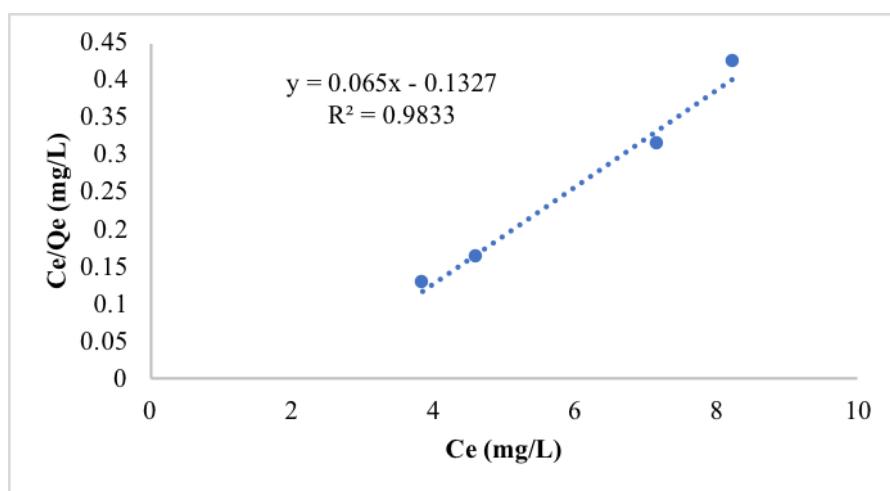
Gambar 2. Pengaruh Suhu Terhadap Kapasitas Penjerapan Metilen Blue

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa hubungan suhu terhadap adsorpsi zat warna metilen blue berbanding terbalik, dimana semakin tinggi suhu maka zat warna metilen blue yang terserap akan semakin kecil. Penurunan efisiensi ini disebabkan karena semakin tinggi suhu maka semakin besar rata-rata energi kinetiknya sehingga partikel-partikel di dalam larutan akan bergerak lebih cepat yang akan mengakibatkan adsorbat yang awalnya

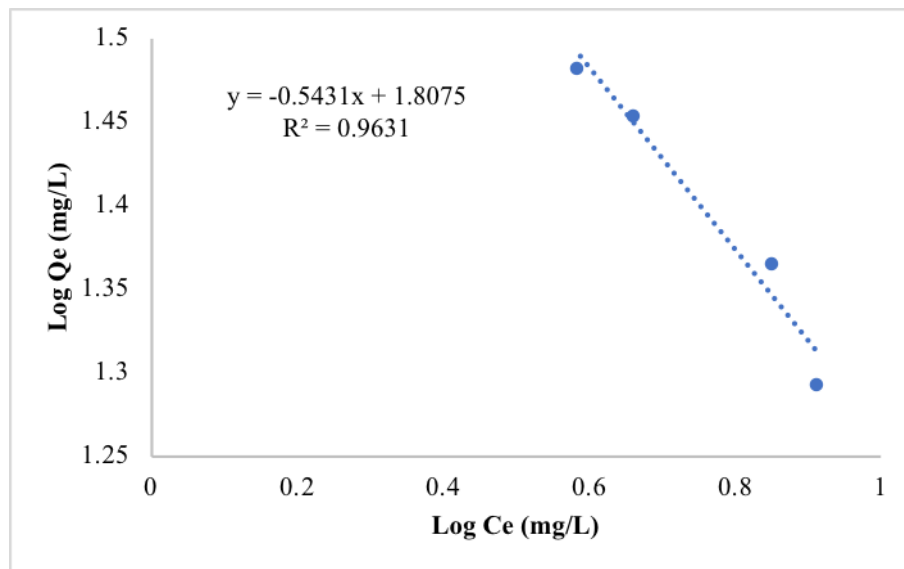
telah berhasil diadsorpsi oleh adsorben akan terlepas kembali dari pori-pori adsorben (Aisyahlika dkk., 2018). Ismadji dan Bhatia (2000) juga memberikan pernyataan serupa bahwa adsorpsi komponen organik (termasuk zat warna) merupakan proses yang berlangsung secara eksotermis serta memiliki ikatan fisika antara komponen organik dan daerah aktif dari adsorben. Ikatan antara kimia organik dan daerah aktif dari adsorben ini akan melemah seiring dengan bertambahnya suhu. Hal ini mengakibatkan kelarutan metilen blue akan naik, gaya tarik antara larutan dengan pelarut menjadi lebih kuat daripada larutan dengan adsorben, akibatnya zat terlarut lebih sulit untuk diserap. Pada penelitian ini kapasitas penyerapan zat warna methylene blue tertinggi diperoleh pada data penyerapan menggunakan KAJ/Fe₂O₃ 3% pada suhu 30 °C sebesar 71,93%.

Isoterm Adsorpsi

Perubahan konsentrasi zat warna metilen blue karena proses adsorpsi sesuai dengan mekanisme adsorpsinya dapat dipelajari melalui penentuan isotherm adsorpsi. Isotherm adsorpsi yang biasa dipakai adalah model isotherm Langmuir dan Freundlich. Pengujian model kesetimbangan ini dimaksudkan untuk menentukan suatu model kesetimbangan yang sesuai pada sebuah penelitian. Dimana model kesetimbangan yang sesuai adalah yang memiliki harga koefisien korelasi (R^2) yang mendekati nilai 1. Pada penelitian ini, model isotherm adsorpsi baik Langmuir maupun Freundlich dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Kurva Isoterm Adsorpsi Langmuir



Gambar 4. Kurva Isoterm Adsorpsi Freundlich

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa model kesetimbangan yang sesuai pada proses adsorpsi metilen blue menggunakan KAJ-Fe₂O₃ adalah model isotherm adsorpsi Langmuir karena memiliki nilai koefisien korelasi (R^2) mendekati 1 (Cui *et al.*, 2014).

Model isotherm Langmuir merupakan jenis adsorpsi secara kimia dimanaproses adsorpsi hanya berlangsung satu lapis (monolayer) dan situs permukaannya bersifat homogen karena masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi 1 molekul. Dengan menggunakan persamaan isotherm Langmuir dapat diperoleh slope berupa data b (konstanta kesetimbangan Langmuir) dan intersep berupa nilai q_m (kapasitas penjerapan maksimum). Kapasitas penjerapan maksimum (q_m) yang diperoleh dari model langmuir adalah 15,38 mg/L dan konstanta kesetimbangan langmuir sebesar 0,49.

KESIMPULAN

Adsorpsi zat warna metilen blue dipengaruhi oleh suhu dan penambahan reagent fenton H₂O₂. Penjerapan terbesar (71,93%) terjadi pada suhu 30°C. Mekanisme adsorpsi zat warna metilen menggunakan KAJ/Fe₂O₃ sesuai dengan model isotherm Langmuir dan diperoleh nilai kapasitas penjerapan maksimum (q_m) sebesar 15,38 mg/L serta konstanta kesetimbangan Langmuir sebesar 0,49.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta yang telah mendanai penelitian ini melalui dana Hibah Penelitian Dasar tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyahlika Siti Zaya, M. Lutfi Firdaus, RinaElvia. 2018. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Zat Warna Sintetis Reactive Red-120 Dan Reactive Blue-198. *ALOTROP, Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2 (2), hal. 148-155.
- Amelia, S., Mufrodi, Z. 2018. Uji Aktivitas Adsorben Karbon Aktif Tempurung Kelapa Termodifikasi dengan *Active Site Fe₂O₃*. *Chemica*, 5 (2), hal. 51-55.
- Bagheri, N and Abdi J. 2011. Adsorbtion of Methane on Corn Cobs Based Activated Carbon. *Chemical Engineering Research adn Design*, 89, p. 2038-2043.
- Cui, L., Xu, W., Guo, X., Zhang, Y., Wei,Q., Du, B. 2014. Synthesis ofStrontium Hydroxyapatite EmbeddingFerroferric Oxide Nano-composite andIts Application in Pb²⁺ Adsorption.*Journal of Molecular Liquid*,197, p.40-47.
- Fayazi, M., Taaher, M.A., Afzali, D., Mostavani, A.2016. Enhanced Fenton Like Degradation of Methylene Blue by Magnetically Activated Carbon/ Hydrogen Peroxidewith Hydroxylamine as Fenton Enhancer. *Journal of Molecular Liquids*, 216, p.781-787.
- Hayati, G.I., Pertiwi, B., Ristianingsih, Y. 2016. Pengaruh Variasi Konsentrasi Adsorben Biji Trembesi Terhadap penurunan Kadar Logam Kromium (Cr) Total Pada Limbah Industri Sasirangan. *Konversi*, 5 (2), hal. 1-4.
- Hudaya, T., M. Stefanus, dan Maria A., 2011, H₂O₂/UV Photo-oxidation Of Non-biodegradable DYA Textile-dye Wastewater In a Multi-lamp Bubble Column Photoreactor. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. ISSN 1693 – 4393.
- Irawan, C., Nata, I.F., Putra, M.D., Ristianingsih, Y. 2018. Biosorption of Lead (II) Containing Sasirangan Textile Wastewater Using Nanocomposites of Eleocharis dulcis Fibers With Iron (III) Nanoparticles as Adsorbent. *Matec Web of Conference*, 156, p. 05011.
- Ma, H., Li, J.B., Liu, W.W., Miao, M., Cheng, B.J., Zhu, S.W.. 2015. Novel Synthesis of a Versatile Magnetic Adsorbent Derived From Corncob For Dye Removal. *Bioresource Technology*, 190, p. 13-20.

- Manohar, D. M. NoeHne, B. F. dan Anirudhan.T. S. 2006. Adsorption Performance of A l-Pillared Bentonite Clay For The Removal of Cobalt(II) From Aqueous Phase. *Applied Clay Science*, 31, p. 194-206.
- Montero, J.I.Z., Monteiro, A.S.C., Gontijo, E.S.J., Bueno, C.C., Moraes, M., Rosa, A.H.. 2018. High Efficiency Removal of As (III) From Watres Using a New and Friendly Adsorbent Based on Sugarcane Bagasse and Corncob Husk Fe-Coated Biochars. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 162, p.616-624.
- Ningsih, D.A., Said, I., Ningsih, P.. 2016. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5 (2), hal. 55-60.
- Septiningrum, Krisna, dan Apriana, Chandra. 2011. "Produksi Xilanase dari Tongkol Jagung dengan Sistem Bioproses menggunakan *Bacillus circulans* untuk Pra-Pemutihan Pulp. *Bandung: Balai Besar Pulp dan Kertas, Kementerian Perindustrian Indonesia*, 5 (1), hal. 87-97.
- Shahwan,T.,Erten, H.N., & Unugur, S. 2006. Priority Communication: A²⁺Characterization Study of Some Aspect of theAdsorption of Aqueous Co Ions on NaturalBentonite Clay. *Journal of Colloid And Interface Science*, 300, p 447-452.
- S. Ismadji.,S.K. Bhatia. 2000. Adsorption of Flavor Esters on Granular Activated Carbon. *Can. J. Chem. Eng*, 78, p. 892-897
- Wardiyati Siti, Sari Hasnah Dewi, Adel Fisli. 2012. Deklorinasi Limbah Industri Batik Menggunakan Proses Fenton dan Foto Fenton. *Jurnal Sains Meteri Indonesia*, 14 (2), hal. 131-135.