

Uji Aktivitas Karbon Aktif Tongkol Jagung Terimpregnasi Fe_2O_3 sebagai Biosorben Limbah Warna Methylene Blue

Study of the activity of activated carbon impregnated with Fe_2O_3 as a biosorbent for methylene blue from wastewater

Fauzan Irfandy*, Yuli Ristianingsih, dan Alit Istiani

Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta,

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta, 55283, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 23 Februari 2021
Diterima dalam revisi 24 Mei 2021
Diterima 28 Mei 2021
Online 27 Juni 2021

ABSTRAK: Salah satu limbah warna yaitu methylene blue dapat memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan dan kesehatan. Salah satu upaya mengatasinya adalah dengan proses adsorpsi dengan karbon aktif. Biomasa yang potensial dikembangkan sebagai karbon aktif adalah tongkol jagung karena ketersediaannya yang melimpah. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat karbon aktif dari tongkol jagung dan memodifikasi permukaannya dengan besi oksida (Fe_2O_3). Modifikasi ini dilakukan dengan tujuan karbon aktif terimpregnasi dapat memiliki daya tarik atau afinitas yang lebih baik terhadap methylene blue. Proses modifikasi dilakukan dengan wet impregnation method. Hasil dari karbon aktif terimpregnasi oksida besi (KAJ-Fe) kemudian diuji aktivitasnya terhadap methylene blue. Selain itu, pengaruh Ph pun ikut dipelajari dalam penelitian ini. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan terlihat bahwa pada range konsentrasi loading Fe yang digunakan (1-3%) menunjukkan bahwa Loading Fe dengan konsentrasi 2% memberikan hasil adsorpsi methylene blue yang paling optimal dimana kapasitas adsorpsinya sebesar 44,9%. Selain itu, pH asam pada methylene blue memberikan hasil adsorpsi yang lebih baik daripada pH netral.

Kata Kunci: karbon aktif; tongkol jagung; impregnasi; besi oksida; *methylene blue*

ABSTRACT: Methylene blue is one of dyeing waste that causes harmful effect both environmental and public health risks. A method to overcome the problem is to adsorb it with the activated carbon. Apart from that, corn cob is potential biomass with can convert to activated carbon. The aim of this research is to synthetic and to modify corn cob activated carbon with iron oxide. It is expected to increase the affinity of methylene blue to the activated carbon surface. The modification is done by wet impregnation and the effectiveness of the impregnated corn cob activated carbon is studied by analyse the persen removal of methylene blue in every interval time. The result show that in the concentration range of Fe load impregnation between 1%-3% which has been used, the corn cob activated carbon with concentration of Fe load 2% has the most optimum ability in methylene blue adsorption with the adsorption capacity 44,9%. Moreover, the effect pH shows that in acidic condition the adsorption of methylene blue is better than in neutral condition.

Keywords: *activated carbon; corn cob; impregnation; iron oxide; methylene blue*

1. Pendahuluan

Limbah warna sintetik yang berasal dari industri tekstil, kulit, kertas dan plastik memberikan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan. Selain mengurangi estetika lingkungan, limbah warna ini menyebabkan naiknya COD (Chemical Oxygen

Demand) dan kandungan racun pada ekosistem air. Selain itu, limbah warna yang pada ekosistem air dapat menghalangi masuknya sinar matahari sehingga mampu menghambat fotosintesis organisme di dalam air. (Bulut dan Ayd, 2006; Shah dkk., 2014) Oleh sebab itu, siklus rantai makanan dalam ekosistem pun dapat ikut terganggu. Selain itu, sifat

* Corresponding author
Email: fauzanirfandy@upnyk.ac.id

karsinogenik dan mutagenik dari limbah warna pun dapat pula mengancam kehidupan organisme-organisme di dalam air (Kertezs, dkk., 2014). Salah zat warna yang banyak digunakan dalam industri adalah methylene blue. Paparan methylene blue bila terkonsumsi dapat memberikan dampak kesehatan seperti naiknya detak jantung, muntah, shock, sianosis, penyakit kuning kelumpuhan otak dan nekrosis jaringan (Vadivelan dan Kumar, 2005). Oleh karena itu keberadaannya di dalam air pun menjadi suatu perhatian dan jumlahnya pun dibatasi. Satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi limbah warna methylene blue adalah dengan proses adsorpsi. Menurut Baig dkk. (2014) serta Zelmanov dan Semiat (2014) adsorpsi zat warna adalah salah metode yang paling tepat karena akurasi yang baik, tekniknya yang mudah, dan biaya relatif rendah / ekonomis. Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi. Hal ini karena mudah dan murah proses pembuatan karbon aktif. Aktivasi terhadap adsorben mengarah pada aktivasi gugus hidroksil selulosa sehingga kemampuan menyerap zat warna dan ion logam meningkat (Paul dan Kim, 2009).

Salah satu biomasa yang potensial dikembangkan sebagai prekursor karbon aktif adalah tongkol jagung karena tongkol jagung mengandung selulosa (41%), hemiselulosa (36%) dan lignin (6%). Selain itu, kelebihan karbon aktif tongkol jagung dibandingkan biomasa lainnya adalah karena kandungan karbonnya mampu mencapai 80,50% dan kandungan abunya rendah (Kul dan Ponte, 1991).

Karakteristik dari karbon aktif adalah luasnya pori yang dapat digunakan untuk menyerap polutan. Namun, permukaan karbon aktif ini perlu dimodifikasi agar memiliki daya jerap atau afinitas yang lebih bagus terhadap polutan (Shah dkk., 2014, Shah dkk., 2015; Amelia dan Mufrodi, 2018). Salah satu caranya adalah dengan proses wet impregnation. Tujuan dari penelitian ini adalah sintesis karbon aktif tongkol jagung terimpregnasi dengan Fe_2O_3 dan mengetahui hasil adsorpsi methylene blue yang paling optimal. Aktivitas dari karbon aktif tongkol jagung terimpregnasi Fe_2O_3 akan dianalisis dalam penelitian ini yang merupakan preliminary research untuk penelitian selanjutnya.

2. Metode

2.1. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini digunakan alat berupa *furnace* untuk karbonisasi dan *magnetic stirrer* untuk proses adsorpsi *methylene*. Adapun bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah limbah tongkol jagung yang diperoleh dari kelompok tani di Bantul, Yogyakarta. Kalium hidroksida (KOH) untuk kativasi karbon aktif tongkol jagung diperoleh dari Merk, Germany.

$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ untuk impregnasi diperoleh dari Merk, Germany dan *methylene blue* sebagai adsorbat diperoleh dari Merk, Germany.

2.2. Proses Pembuatan Karbon Aktif Tongkol Jagung (KAJ)

Tongkol jagung dicuci dengan aquadest dan dikeringkan pada suhu $110^\circ C$ kemudian dipotong kecil hingga seukuran kelereng. Tongkol jagung yang telah dipotong kecil lalu dikarbonisasi dengan furnace pada suhu $300^\circ C$. Karbon yang dihasilkan kemudian dihaluskan dengan *hammer mill* dan diaktifasi dengan larutan KOH 7 M (Berhe dkk., 2019).

2.3. Proses Impregnasi Karbon Aktif Tongkol Jagung dengan Fe_2O_3 (KAJ-Fe)

Larutan garam $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ dengan berbagai konsentrasi (1%, 2% dan 3% m/V) dimasukkan ke dalam botol yang di dalamnya terdapat 2 gram karbon aktif tongkol jagung. Campuran karbon aktif dan larutan garam $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ kemudian di ultrasonikator selama 1 jam. Karbon aktif tongkol jagung Fe_2O_3 ini kemudian di oven pada suhu $60^\circ C$ selama 30 menit, lalu dikalsinasi pada suhu $300^\circ C$ selama 1 jam (Amelia dan Mufrodi, 2018).

2.4. Proses adsorpsi *methylene*

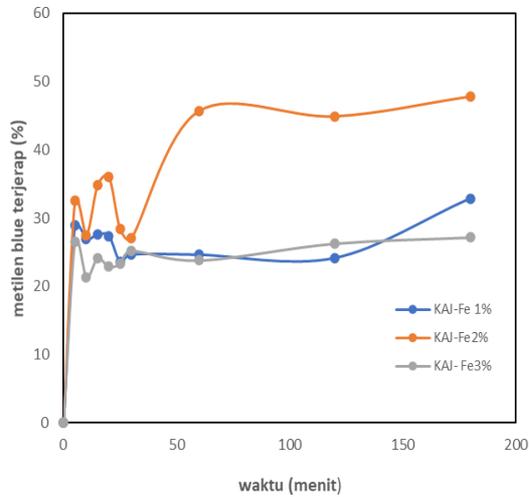
Sebanyak 0,025 gram karbon aktif tongkol jagung/ Fe_2O_3 (KAJ-Fe) dimasukkan ke dalam 200 mL larutan *methylene blue* 20 ppm. Dilakukan variasi pH 5 dan 7 dengan menambahkan HCl 0,1 M dan NaOH 0,05N. Larutan kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 450 rpm selama 3 jam. Berkurangnya *methylene blue* dianalisis dengan Spektrofotometer UV-VIS pada gelombang 663 nm (Kuntari dkk, 2017)

3. Hasil dan Pembahasan

Aktivitas dari karbon aktif tongkol jagung terimpregnasi (KAJ-Fe) dapat dilihat dari kemampuannya dalam mengadsorpsi *methylene blue*. Pada penelitian ini karbon aktif tongkol jagung dengan loading Fe 1% (KAJ-Fe 1%), 2% (KAJ-Fe 2%) dan 3% (KAJ-Fe 3%) digunakan untuk mengadsorpsi *methylene blue* dan dianalisis tiap waktunya berapa banyak *methylene blue* yang terjerap. Hasil dari proses adsorpsi ini ditunjukkan oleh Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu adsorpsi maka semakin banyak pula *methylene blue* yang terjerap. Selain itu, dapat disimpulkan pula bahwa dalam *load range* Fe 1% hingga 3%, maka KAJ-Fe2% lah yang memiliki kemampuan mengadsorpsi yang paling baik. Hal ini karena penambahan atau impregnasi Fe_2O_3 pada permukaan karbon aktif akan mengurangi site aktif dari karbon

aktif namun, keberadaan Fe₂O₃ juga dapat menambah afinitas terhadap *methylene blue*. Sehingga, pada range load Fe tersebut, nilai optimum dari penjerapan (persen removal) *methylene blue* pada penelitian ini diperoleh pada konsentrasi Fe₂O₃ 2%.



Gambar 1. Persentase *Methylene Blue* terjerap terhadap waktu

Persentase *methylene blue* yang terjerap setelah 100 menit tidak meningkat secara signifikan. Hal itu menunjukkan bahwa setelah 100 menit, KAJ- Fe tersebut telah jenuh dan tak mampu menjerap lagi *methylene blue* yang ada. Melalui data di Tabel 1 berikut ini dapat disimpulkan bahwa KAJ-Fe2% mempunyai kapasitas adsorpsi yang paling baik.

Tabel 1. Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Terimpregnasi Fe₂O₃

Sampel	Kapasitas Adsorpsi (%)
KAJ- Fe 1%	24,15
KAJ- Fe 2%	44,90
KAJ- Fe 3%	26,29

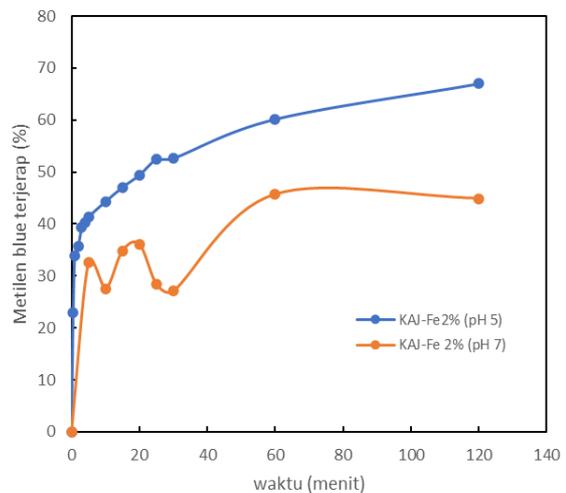
Kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- q_e : Fe yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g)
- C₁ : konsentrasi awal Fe (mg/l)
- C₂ : konsentrasi akhir Fe (mg/l)
- V : total volume larutan (l)
- m : dosis adorben (g)

Gambar 2 menunjukkan pengaruh pH *methylene blue* terhadap persen terjerapnya *methylene blue*. Melalui Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa pada pH 5, KAJ-Fe 2% memiliki daya adsorpsi yang lebih baik dibandingkan pada pH 7. Hal ini disebabkan oleh kondisi pada pH dibawah 6, ion *methylene blue* dalam keadaan siap masuk ke dalam pori-pori aktif atau *active site* dari karbon aktif tersebut. Selain itu, pada kondisi pH lebih dari 6, *zwitter ion* dari *methylene blue* cenderung membentuk *dimer* sehingga akan lebih susah masuk ke dalam *active site* dari adsorben (Louis, 2015). Gambar 2 juga memperlihatkan bahwa laju adsorpsi *methylene blue* pada menit awal yakni pada 30 menit pertama baik pada pH 5 maupun pH 7 berjalan dengan cepat. Setelah 30 menit pertama, terlihat bahwa laju adsorpsi terlihat melambat.



Gambar 2. Persentase *Methylene Blue* terjerap terhadap waktu dalam kondisi pH yang berbeda

Hal ini terjadi karena saat awal adsorpsi, pori aktif atau *active site* KAJ- Fe 2% masih banyak yang kosong sehingga laju adsorpsinya masih tinggi. Semakin lama, pori aktif yang kosong atau yang tersedia akan semakin berkurang, selain itu ada tolak menolak antara *methylene blue* di dalam solid karbon aktif dengan *methylene bulk* di fase liquid (*bulk phase*). Oleh karena itu, *methylene blue* di *bulk phase* semakin susah masuk ke dalam pori aktif yang masih tersedia sehingga laju adsorpsi *methylene blue* pun semakin lama akan semakin berkurang. Penyerapan yang menurun disebabkan oleh adsorben yang sudah jenuh. Pada saat tersebut proses adsorpsi mendekati kesetimbangan karena jumlah molekul adsorbat yang berikatan dengan adsorben semakin sedikit. karena adsorben telah terisi oleh adsorbat (Anjani, 2014).

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif tongkol jagung terimpregnasi oleh Fe₂O₃ sangat potensial untuk terus dikembangkan. Dari range konsentrasi loading Fe yang digunakan menunjukkan bahwa Loading Fe dengan konsentrasi 2%

memberikan hasil adsorpsi *methylene blue* yang paling optimal dimana kapasitas adsorpsinya sebesar 44.9%. Selain itu, pH asam pada *methylene blue* memberikan hasil adsorpsi yang lebih baik daripada pH netral. Penelitian ini juga dapat digunakan sebagai *pre-liminary research* untuk penelitian mengenai adsorben dari biomasa selanjutnya.

5. Ucapan Terimakasih

Pendanaan penelitian ini didapatkan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.

Daftar Pustaka

- Anjani, R.P. (2014). Penentuan massa dan waktu kontak optimum adsorpsi karbon granular sebagai adsorben logam berat Pb(II) dengan pesaing ion Na⁺. *Journal of Chemistry*, 3(3), 159-163.
- Amelia, S. & Mufrodi, Z. (2018). Uji aktivitas adsorben karbon aktif tempurung kelapa termodifikasi dengan active site Fe₂O₃. *Chemica Journal*, 5(2), 51-55.
- Baig, S.A., Sheng, T.T., Sun, C., Xue, X.Q., Tan, L.S. & Xu, X.H. (2014). Arsenic removal from aqueous solutions using Fe₃O₄-HBC composite: effect of calcination on adsorbents performance. *Plos one*, 9(6).
- Berhe, T., Wang, S. & Nam, H. (2019). Adsorption of H₂S, NH₃, and TMA from indoor air using porous corncob activated carbon: isotherm and kinetics study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(4).
- Bulut, Y. & Ayd, H. (2006). A kinetics and thermodynamics study of methylene blue adsorption on wheat shells. *Desalination*, 194, 259-267.
- Kertész, S., Cakl, J. & Jiráňková, H. (2014). Submerged hollow fibre microfiltration as a part of hybrid photocatalytic process for dye wastewater treatment. *Desalination*, 343, 106-112.
- Kulp, K. & Ponte, J. G. (1991). *Handbook of cereal science and technology* 2nd Edition, Marcel Dekker, Inc.
- Kuntari, Bila, N.S. & Yuwono, M. (2017). Kajian pengaruh waktu dan pH optimum dalam adsorpsi methyl violet dan methylene blue menggunakan abu daun bambu. *Journal Cis-Trans (JC-T)*, 1(2).
- Louis, N.S.M. (2015). Activated carbon from corn cob for treating dye wastewater. *Indian Journal Environmental Science*, 10(3).
- Paul, S. & Kim, D.W. (2009). Preparation and characterization of highly conductive transparent films with single-walled carbon nanotubes for flexible display applications. *Carbon*, 47, 2436-2441.
- Shah, I., Adnana, R., Ngah, W.S.W., Mohamed, N. & Taufiq-Yap, Y.H. (2014). A new insight to the physical interpretation of activated carbon and iron doped carbon material: sorption affinity towards organic dye. *Bioresource Technology Short Communication*, 160, 52-56.
- Shah, I., Adnana, R., Ngah, W.S.W. & Mohamed, N. (2015). Iron impregnated activated carbon as an efficient adsorbent for the removal of methylene blue: regeneration and kinetics studies. *Plos one*, 10(4), 1-23.
- Vadivelan, V. & Kumar, K. V. (2005). Equilibrium, kinetics, mechanism, and process design for the sorption of methylene blue onto rice husk. *Journal of colloid and interface science*, 286(1), 90-100.
- Zelmanov, G. & Semiat, R. (2014). Boron removal from water and its recovery using iron (Fe³⁺) oxide/hydroxide-based nanoparticles (nano Fe) and nano Fe-impregnated granular activated carbon as adsorbent. *Desalination*, 333, 107-117.