

Adsorption Study of Magnetic Carbon Composite from Salacca Zalacca Peel and Iron Oxide to reduce Chemical Oxygen Demand (COD) Levels in Laundry Waste

Kajian Adsorpsi Komposit Karbon Magnetik dari Kulit Salak dan Besi Oksida untuk Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) PADA Limbah Laundry

Mai Anugrahwati*, Febi Indah Fajarwati dan Rika Awalina Safitri

*Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang KM.14,5, Yogyakarta 55584, Indonesia*

* Corresponding author: mai.anugrahwati@uii.ac.id

Diterima: 30 September 2020, Direvisi: 23 November 2020, Diterbitkan: 1 Desember 2020

Abstract

In this study, research related to the synthesis of magnetic carbon composite to be used as laundry waste adsorbent was carried out. This composite is formed from a combination of activated carbon derived from salacca zalacca peel modified with iron oxide (called KASMG). Parameters studied in this research included adsorbent characterization with SEM-EDX and adsorption test with variations of adsorbent mass and contact time. The results showed that magnetic carbon composites were successfully synthesized and SEM-EDX showed the presence of iron oxide on activated carbon surface. Moreover, KASMG had the ability to adsorb organic substances in the wastewater that increases as the adsorbent mass is increased with an optimum contact time of 15 minutes.

Keywords: *salacca zalacca peel, composite, COD, laundry waste*

Abstrak

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian terkait sintesis komposit karbon magnetik yang digunakan sebagai adsorben limbah laundry. Komposit ini dibentuk dari perpaduan antara karbon aktif yang berasal dari kulit salak (dalam penelitian ini disebut KASMG) dan besi oksida. Parameter yang dipelajari dalam penelitian ini meliputi karakterisasi adsorben dengan SEM-EDX dan uji adsorpsi dengan variasi massa adsorben serta variasi waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit karbon magnetik berhasil disintesis dan SEM-EDX menunjukkan adanya besi oksida pada permukaan karbon aktif. KASMG memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi zat organik dalam limbah dimana kemampuan ini bertambah seiring dengan meningkatnya massa adsorben yang digunakan dengan waktu kontak optimum 15 menit.

Kata kunci: kulit salak, komposit, COD, limbah laundry

PENDAHULUAN

Usaha laundry di Indonesia saat ini semakin bertambah jumlahnya seiring dengan meningkatnya populasi penduduk. Di Kota Yogyakarta sendiri, pada tahun 2015 terdeteksi adanya 800 kios usaha jasa ini yang telah beroperasi (Melati dan Hidayati, 2017). Hal ini tentunya dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan lingkungan dan makhluk hidup, sebab dari aktivitas laundry ini akan dihasilkan limbah cair yang mengandung berbagai macam kontaminan organik, seperti detergen yang tergolong sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3), jika tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Banyaknya kontaminan organik dalam air limbah dapat ditentukan berdasarkan nilai kebutuhan oksigen kimiawi/*chemical oxygen demand* (COD) yang menunjukkan estimasi oksidasi kimia bahan tersebut. Sehingga nilai COD ini dapat digunakan untuk memonitor kadar kontaminan dalam limbah sebelum dan setelah diolah (da Silva et al., 2011).

Salah satu teknologi adsorpsi yang telah dikenal efektif dalam menghilangkan kontaminan organik adalah dengan menggunakan karbon aktif (Anisuzzaman et al., 2015). Karbon aktif berperan besar dalam pengolahan air limbah karena kemampuannya dalam mereduksi kadar kontaminan dengan cara mengadsorp

bahan-bahan organik yang meliputi hidrokarbon aromatis polisiklik, surfaktan, polimer kation, hidrokarbon aromatis, aldehida, dan lain-lain (Utami, 2013).

Karbon aktif berasal dari material yang kaya akan karbon, misalnya berupa selulosa. Di Indonesia sendiri terdapat banyak biomassa yang mengandung selulosa, salah satunya adalah kulit buah salak. Salak (*Salacca zalacca*) merupakan buah asli Indonesia dengan kelimpahan lebih dari 10.000 ton/tahun. Dari seluruh berat total salak, sekitar 14%-nya merupakan bagian kulit yang tersusun atas air, selulosa, mineral dan protein (Turmuzi et al., 2015). Berbeda dengan buahnya yang telah banyak digunakan, kulit salak belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, sedangkan kandungan selulosanya memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif melalui proses karbonisasi dan aktivasi.

Perkembangan teknologi lain yang mendukung proses akhir adsorpsi dalam pengolahan air limbah saat ini adalah filtrasi magnetik, dimana metode ini dikategorikan lebih cepat dan lebih efisien dalam mereduksi kontaminan dalam air limbah. Adsorben karbon aktif pada mulanya disintesis sebagai komposit dengan material yang memiliki sifat magnet, seperti oksida logam (Oliviera et al., 2002; Nakahira et al., 2007), selanjutnya adsorben ini dapat digunakan

untuk mengikat kontaminan organik, dan terakhir, dapat dipisahkan dari sistem larutan secara magnetik, tanpa menggunakan penyaring (Mohan et al., 2011).

Berdasarkan penjelasan tersebut, dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis komposit karbon magnetik dari kulit salak yang akan digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar COD dari limbah laundry, sebagai salah satu bentuk pengolahan limbah yang efektif.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit salak yang didapatkan dari pedagang buah di D.I.Yogyakarta. Etanol 96%, asam fosfat, akuades, ferro ammonium sulfat, indikator ferroin, ferri klorida, ferro sulfat, sodium hidroksida, buffer 4, 7, dan 10 (grade pro analysis), asam sulfat pekat, potassium dikromat, merkuri sulfat, dan potassium hidrogen ftalat (Merck, Germany). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa peralatan gelas, kertas pH universal, neraca analitik, ayakan 50-100 mesh, muffle furnace, oven, penyaring vakum, magnetic stirer, magnet, SEM-EDX (Phenom Desktop ProXL), dan pH meter.

Persiapan komposit

Sampel kulit salak dipisahkan dari buahnya kemudian dicuci hingga bersih menggunakan air dan dibilas dengan akuades. Selanjutnya, kulit ini dipotong kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama \pm 3 hari.

Material kulit salak dicampur dengan larutan asam ortofosfat H_3PO_4 dengan perbandingan 1:1 (g:ml) dan didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya, kulit salak tersebut dipanaskan dalam muffle furnace dengan temperatur 220 °C selama 4 jam sebagai proses karbonisasi. Karbon yang telah dihasilkan dicuci dengan akuades untuk menghilangkan asamnya hingga diperoleh pH = 4. Karbon aktif tersebut selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur.

Karbon aktif yang telah diperoleh digerus dan di saring dengan ayakan 50-150 mesh sebanyak 5 g kemudian direndam dalam aquades (50 ml). Larutan ferri klorida dipersiapkan dengan menambahkan 1,8 g $FeCl_3$ ke dalam aquades (130 ml). Pada saat yang sama, larutan ferro sulfat dipersiapkan dengan menambahkan 2 g $FeSO_4$ ke dalam aquades (150 ml). Kedua larutan selanjutnya dicampur dan diaduk pada temperatur 60-70 °C. suspensi yang terbentuk selanjutnya dimasukkan ke dalam suspensi karbon aktif pada temperatur ruangan sambil diaduk secara perlahan selama 30 menit.

Setelah pencampuran tersebut,

larutan NaOH 10 M ditambahkan tetes demi tetes ke dalam suspensi campuran hingga pH mencapai 10-11. Selama penambahan NaOH, suspensi akan menjadi berwarna coklat tua pada pH 6 dan menjadi hitam pada pH 10. Setelah pengadukan selama 60 menit, suspensi didiamkan pada temperatur ruangan selama 24 jam dan secara berulang-ulang dicuci dengan aquades yang diikuti dengan etanol. Kemudian, komposit yang terbentuk disaring dengan penyaring vakum dan dikeringkan semalaman pada temperatur 50 °C dalam oven. Komposit yang terbentuk dikarakterisasi dengan SEM-EDX dan digunakan untuk proses adsorpsi.

Proses adsorpsi

Sampel limbah cair laundry yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari salah satu usaha laundry yang berada di daerah Sleman, Yogyakarta. Kadar kontaminan organik limbah ditentukan dengan analisis COD sebelum diolah dengan adsorben komposit. Penyimpanan limbah cair ini dilakukan pada suhu 4 °C.

Untuk kajian pengaruh masa adsorben, sebanyak 30, 50, dan 60 mg dari komposit karbon aktif (dari kulit salak) magnetik (KASMG) dikontakkan dengan 30 ml sampel air limbah laundry pada waktu 30 menit. Selanjutnya adsorben komposit dipisahkan dari filtratnya menggunakan magnet serta kertas saring

dan filtrat tersebut dianalisis kadar COD-nya.

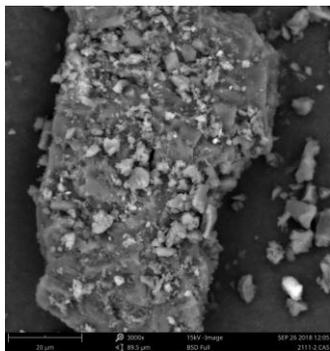
Untuk kajian pengaruh waktu kontak dan kinetika adsorbs, sebanyak 30 mg adsorben KASMG magnetik dikontakkan dengan 30 ml larutan sampel air limbah laundry dengan menggunakan variasi waktu kontak 0, 15, 30, 60, 90, 120 menit. Selanjutnya larutan dipisahkan dari adsorben dengan bantuan magnet dan filtrat COD-nya. Penentuan nilai COD dilakukan dengan metode SNI 6989.73-2009.

PEMBAHASAN

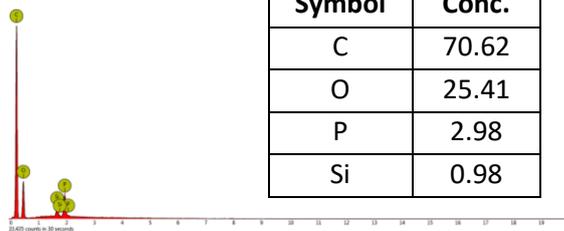
Dalam pembuatan komposit ini digunakan kulit salak yang telah dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar airnya serta diperkecil ukurannya untuk menambah luas permukaannya. Karbonisasi bertujuan untuk mengoksidasi senyawa-senyawa organik menjadi karbon, sedangkan aktivasi bertujuan untuk membersihkan dan membuka pori-pori karbon. Selanjutnya, performa adsorben ditambah dengan kopresipitasi oksida besi agar proses pemisahan setelah adsorpsi lebih efektif. Komposit yang terbentuk dikarakterisasi dengan SEM-EDX untuk melihat morfologi permukaan material dan unsur-unsur yang ada pada adsorben KASMG.

Gambar 1. mengilustrasikan morfologi permukaan adsorben dimana

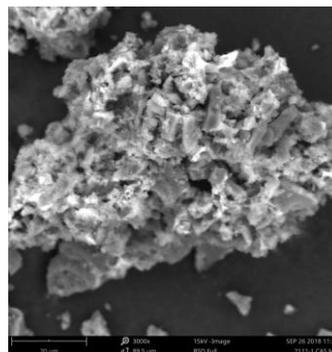
Gambar (a) menunjukkan tekstur permukaan karbon aktif dari kulit salak (KAS) tanpa magnetit, yang cukup homogen namun dengan pori yang tidak terlalu terbuka. Spektra EDX KAS menginformasikan adanya unsur oksigen, karbon dan silika yang merupakan bagian dari komposisi kulit salak sendiri dan unsur P yang berasal dari asam fosfat sebagai aktivator. Sedangkan gambar (b) menunjukkan morfologi permukaan KASMG dengan pori-porinya yang lebih terbuka serta keberadaan unsur Fe dan O yang berasal dari kopresipitasi oksida besi serta unsur Na yang tersisa dari proses pembuatan komposit karbon magnetik. Pada permukaan KASMG ini oksida besi terlihat merata dan berwarna lebih terang dibandingkan permukaan KAS.



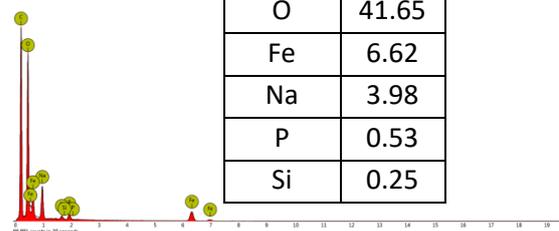
Element Symbol	Weight Conc.
C	70.62
O	25.41
P	2.98
Si	0.98



(a)



Element Symbol	Weight Conc.
C	46.97
O	41.65
Fe	6.62
Na	3.98
P	0.53
Si	0.25



(b)

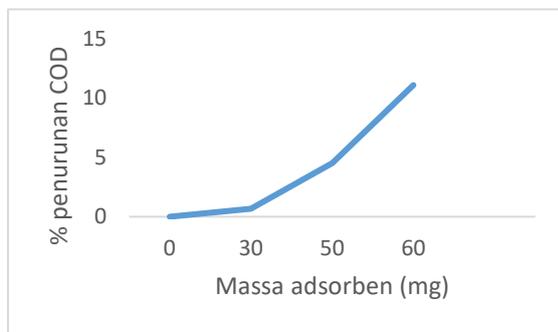
Gambar 1. SEM-EDX dari material (a) KAS dan (b) KASMG

Kajian adsorpsi

Dalam mempelajari pengaruh massa adsorben terhadap adsorpsi senyawa organik pada air limbah laundry ini digunakan material KASMG yang dikontakkan dengan 30 mL air limbah selama 30 menit. Adsorpsi yang terjadi selanjutnya diamati melalui nilai % penurunan COD, dimana semakin besar nilai COD, artinya semakin besar pula kadar senyawa organik dalam air limbah tersebut. Senyawa organik dapat teradsorb pada permukaan komposit jika ukurannya cukup untuk masuk ke dalam pori-pori adsorben atau pun karena adanya interaksi antar adsorben dan adsorbat seperti

interaksi ionic dan gaya van der Waals.

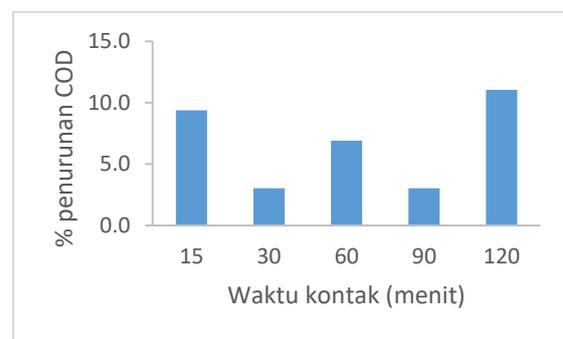
Pada awal analisis COD diketahui bahwa air limbah laundry yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai COD sekitar 400 mg O₂/L, yang artinya, nilai ini telah melebihi ambang batas nilai COD yang diperbolehkan pada Perda No. 7 tahun 2016 yakni 150 mg O₂/L sehingga sudah sepatutnya air limbah ini harus diolah sebelum dibuang langsung ke lingkungan.



Gambar 2. Pengaruh variasi massa adsorben terhadap % penurunan COD dalam air limbah laundry.

Dari Gambar 2. teramati bahwa dengan menggunakan adsorben sebanyak 60 mg, maka penurunan %COD dapat terjadi hingga 11%, semakin banyak KASMG yang digunakan maka semakin besar pula % penurunan COD dalam air limbah tersebut. Akan tetapi, besarnya nilai COD yang turun ini belum signifikan, kemungkinan disebabkan karena proses pembuatan adsorben terutama selama karbonisasi dan aktivasi yang belum optimal. Selain itu, permukaan KASMG tertutup oleh oksida besi yang hampir

merata di seluruh permukaan material, sehingga kemungkinan juga membuat kemampuan adsorpsinya kurang optimal. Dari segi performa pemisahan adsorben dan air limbah setelah proses adsorpsi, pemisahan dilakukan dengan gabungan magnet serta penyaringan karena tidak semua partikel adsorben dapat tertarik magnet secara sempurna.



Gambar 3. Kajian pengaruh waktu kontak dengan % penurunan COD dalam proses adsorpsi.

Kajian pengaruh waktu kontak adsorben dengan air limbah dilakukan untuk material KASMG menggunakan 30 mg dengan masing-masing 30 mL air limbah untuk variasi waktu yang digunakan adalah 15, 30, 60, 90 dan 120 menit. Gambar 3. menunjukkan bahwa waktu yang paling efektif untuk proses adsorpsi menggunakan KASMG adalah 15 menit karena % penurunan COD-nya relatif cukup tinggi yakni 9% jika dibandingkan dengan 30 dan 90 menit karena dimungkinkan adanya proses desorpsi. Pada menit ke 60 dan 120, % penurunan

COD air limbah kembali meningkat namun tidak begitu signifikan mempertimbangkan kapasitas adsorpsi maksimumnya adalah 40 mg/g.

Tabel 1. Kajian kinetika adsorpsi KASMG terhadap penurunan COD limbah laundry

Kinetika	Persamaan	R ²
Pseudo order 1	$y = 0.006x + 0,3782$ 0.9278	
Pseudo order 2	$y = 0.0899x - 0,8118$ 0.9468	

Untuk kajian kinetika adsorpsi, model kinetika pseudo order pertama ini diperoleh dari $\ln(q_e - qt)$ versus t sedangkan kinetika pseudo order kedua diperoleh dari t/qt versus t . Dari persamaan garis linieritas pada Tabel 1. dapat diketahui nilai slope dan gradien masing-masing model, berdasarkan persamaan garis tersebut dapat diketahui nilai R² untuk menentukan order yang digunakan berdasarkan nilainya yang mendekati 1. Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa adsorpsi ini mengikuti kinetika adsorpsi pseudo order kedua. Hal ini dikarenakan nilai R² pada pseudo order 2 lebih mendekati nilai 1 dibandingkan dengan kinetika adsorpsi pseudo order pertama.

Model kinetika pseudo-order kedua semu mengindikasikan bahwa langkah pembatas laju reaksi adalah adsorpsi pada permukaan yang melibatkan interaksi kimia fisika antara adsorben dan adsorbat

(Robati,2013).

KESIMPULAN

Pada penelitian ini komposit karbon magnetit dari kulit salak telah berhasil disintesis dan dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX. Terbentuknya komposit ini teramati melalui SEM-EDX yang menunjukkan keberadaan oksida besi dari morfologi KASMG dibandingkan dengan KAS.

Kemampuan adsorpsi KASMG memiliki waktu kontak antara adsorben dan air limbah yang paling optimum untuk adsorpsi adalah 15 menit, dimana semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin besar % penurunan COD dari limbah tersebut. Proses adsorpsi dalam penelitian ini mengikuti model kinetika pseudo-order kedua.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI) Wilayah V yang telah memberikan bantuan penelitian melalui skema Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

Anisuzzaman, S.M., Joseph, C.G., Taufiq-Yap, Y.H., Krishnaiah, D., Tay, V.V., 2015, Modification of Commercial Activated Carbon for the Removal of 2,4-dichlorophenol from Simulated Wastewater,

*Journal of King Saud University-
Science, 27, 318-330.*

da Silva, A.M.E.V., da Silva, R.J.N.B., dan Camões, M.F.G.F.C., 2011, Optimization of The Determination of Chemical Oxygen Demand in Wastewaters, *Analytica Chimica Acta*, 699, 161-169.

Ingole, R.S., Lataye, D.H., dan Dhorabe, P.T., 2016, Adsorption of Phenol onto Banana Peels Activated Carbon, *KSCE Journal of Civil Engineering*.

Melati, A. dan Hidayati, E., 2017, Aplikasi Carbon Nano Fiber Terintegrasi Dengan Karbon Aktif Serabut Kelapa untuk Pengolahan Limbah Laundry, PENANGKARAN, *Jurnal Penelitian Agama dan Masyarakat*, Vol. 1, No. 2, 277-292.

Mohan, D., Sarswat, A., Singh, V.K., Alexandre-Franco, M., Pittman Jr., C.U., Development of magnetic activated carbon from almond shells for trinitrophenol removal from water, *Chemical Engineering Journal*, 172, 1111-1125.

Nakahira, A., Nagata, H., Takimura, M., dan Fukunishi, K., 2007, Synthesis and evaluation of magnetic active charcoals for removal of environmental endocrine disrupter and heavy metal ion, *Journal of Applied Physics*, 101, 09J114–109J114-113.

Oliveira, L.C.A., Rios, R.V.R.A., Fabris, J.D., Garg, V., Sapag, K., Lago, R.M., 2002, Activated carbon/iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water, *Carbon*, 40, 2177–2183.

Robati, D., 2013, Pseudo-second-order kinetic equations for modeling adsorption systems for removal of

lead ions using multi-walled carbon nanotube, *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 3:55.

Turmuzi, M., Tua, A.S.O., Fatimah. 2015. Pengaruh Temperatur dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca sumatrana*) dengan Aktivator Seng Klorida ($ZnCl_2$). *Jurnal Teknik Kimia*. 4(2): 59-64.

Utami, R.A., 2013, Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Menggunakan Biosand Filter dan Activated Carbon, *Jurnal Teknik Sipil Untan*, Vol. 13, No. 1, 59-71.