

KARAKTERISASI ADSORPSI BATUBARA MUDA TERMODIFIKASI HIDROGEN PEROKSIDA MENGGUNAKAN METODE KONTINYU TERHADAP METILEN BIRU

Galuh Yuliani^{1*}, Ghea Gristannia Grandistin¹, & Anggoro Tri Mursito²

¹Program Studi Kimia-Jurusan Pendidikan Kimia

Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Pendidikan Indonesia

²Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

*Alamat korespondensi : gyuliani@gmail.com

Abstrak: Kapasitas adsorpsi batubara muda masih lebih rendah bila dibandingkan dengan adsorben lain terutama bila dibandingkan dengan karbon aktif. Pada penelitian ini telah diupayakan peningkatan kapasitas adsorpsi pada batubara muda melalui pengayaan kadar oksigen dipermukaannya. Batubara muda yang digunakan berasal dari daerah Kalimantan, Indonesia, memiliki nilai kalori 5015,41 cal/g, 53,67 % karbon, 6,02 % hidrogen, 38,58 % oksigen, 0,69 % nitrogen, dan 0,12 % sulfur. Uji adsorpsi dilakukan menggunakan metode kontinyu dengan larutan metilen biru sebagai larutan model. Konsentrasi metilen biru ditentukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm. Data hasil pengujian FTIR menunjukkan batubara muda hasil modifikasi adanya penambahan intensitas pada 1750cm^{-1} yang menandakan penambahan gugus C=O. Dari hasil uji adsorpsi menunjukkan adanya peningkatan kapasitas adsorpsi pada batubara muda hasil modifikasi yaitu dari 48,59 mg/g menjadi 91,11 mg/g. Dapat disimpulkan bahwa oksidasi menggunakan hidrogen peroksida telah berhasil meningkatkan kemampuan adsorpsi batubara muda.

Kata kunci : Adsorpsi, batubara muda, hidrogen peroksida, metilen biru, metode kontinyu.

Abstract: Adsorption capacity of lignite is lower than other adsorbents, especially activated carbon. This study has been attempted on the improvement of adsorption capacity of lignite through oxygen enrichment on the surface. Lignite utilized in this study was originated from Kalimantan, Indonesian, has a calorific value of 5015.41 cal/g, 53.67% carbon, 6.02% hydrogen, 38.58% oxygen, 0.69% nitrogen, and 0.12% sulfur. Adsorption test was performed using a continuous method with methylene blue solution as a model solution. The results indicated that the lignite surface area increased to 48,16 m²/g after the modification. FTIR characterization results showed an increase in intensity at 1705 cm^{-1} for the modified lignite which signifies the increase of absorption of C=O functional groups. The adsorption test results indicated an increase in the adsorption capacity of modified lignite, from 48.59 mg/g to 91.11 mg/g. It can be concluded that the oxidation using hydrogen peroxide has been successful in enhancing the oxygen compound's concentration on the lignite surface and in improving the adsorption ability of lignite.

Keyword: Adsorption, lignite, hydrogen peroxide, methylene blue, continuous method.

PENDAHULUAN

Dalam proses adsorpsi, karbon aktif merupakan material adsorben paling populer dan banyak digunakan dalam pengolahan air limbah. Tetapi harga dan biaya regenerasi karbon aktif yang relatif besar membatasi aplikasinya dalam pengolahan air limbah. Beberapa kelemahan dari karbon aktif ini mendorong banyaknya penelitian mengenai pemanfaatan batubara muda sebagai material adsorben alternatif pengganti karbon aktif (Bansal & Goyal, 2005).

Salah satu adsorben murah yang telah banyak diteliti adalah batubara muda (Yuliani *et al.*, 2012; Mohan *et al.*, 2002). Batubara muda dipilih karena batubara muda memiliki beberapa kemiripan karakteristik dengan karbon aktif, yaitu porositas tinggi dan sifat pertukaran kation alami (Havelcova, 2009; Butler *et al.*, 2007; Butler *et al.*, 2005). Beberapa material penjerap yang diperoleh dari batubara muda untuk penghilangan zat warna dan

logam yang terkandung dalam larutan juga telah dilaporkan (Havelcova *et al.*, 2009; Qi *et al.*, 2011; Karaca *et al.*, 2004).

Dari beberapa literatur, dilaporkan bahwa sisi aktif dari batubara muda adalah gugus karboksilat yang dapat mengalami reaksi pertukaran kation dengan adsorbat (Yuliani *et al.*, 2012; Qi *et al.*, 2011). Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kadar karboksilat pada batubara muda yaitu dengan cara mereaksikan dengan hidrogen peroksida.

Peningkatan kapasitas adsorpsi batubara muda melalui pengayaan kadar oksigen menggunakan hidrogen peroksida telah dilakukan melalui metode batch test dengan cara pengadukan menggunakan beberapa variabel waktu dan massa adsorben (Yuliani *et al.*, 2014). Oksidasi menggunakan H₂O₂ dapat meningkatkan kadar oksigen dan kapasitas adsorpsi pada batubara muda. Kapasitas maksimum

pada batubara muda meningkat setelah di modifikasi dari 51,81 mg/g menjadi sebesar 103,09 mg/g. Hal ini memperlihatkan bahwa adanya peningkatan porositas pada permukaan batubara muda hasil modifikasi (Yuliani *et al.*, 2014).

Pada penelitian ini, dilakukan karakterisasi dan uji adsorpsi batubara muda asal Kalimantan termodifikasi hidrogen peroksida terhadap metilen biru menggunakan metode kontinyu.

METODE

Preparasi Larutan Metilen Biru

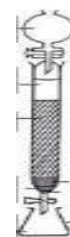
Larutan limbah model yang digunakan adalah larutan metilen biru. Larutan induk disiapkan dengan konsentrasi 1000 ppm. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum dan membuat kurva kalibrasi disiapkan deret larutan standar dengan konsentrasi 0,5, 1, 1,5, 2, dan 2,5 ppm. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan pada rentang panjang gelombang 400-700 nm (jarak rentang 1 nm). Panjang gelombang maksimum metilen biru pada analisis ini berada pada 664 nm.

Preparasi Batubara Muda Termodifikasi Hidrogen Peroksida

Preparasi batubara muda termodifikasi mengikuti metode yang dilaporkan penelitian sebelumnya (Yuliani *et al.*, 2014). Larutan H_2O_2 dengan konsentrasi 30% diencerkan ke dalam dua konsentrasi yaitu sebesar 5% dan 10%. Seberat 10 g batubara muda ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia berukuran 250 mL. Lalu ke dalam gelas kimia ditambahkan larutan H_2O_2 yang telah disiapkan kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer tanpa proses pemanasan hanya diaduk saja hingga homogen. Proses pengadukan dilakukan selama $\pm 1/2$ jam. Setelah proses pengadukan selesai campuran disaring menggunakan kertas saring Whatmann berukuran 42 dan diambil residunya lalu dikeringkan pada suhu ruang.

Uji Kapasitas Adsorpsi Batubara Muda dan Batubara Hasil Modifikasi

Batubara muda tanpa perlakuan dengan ukuran 125-250 μm ditimbang 5 g. Untuk batubara hasil modifikasi digunakan ukuran 125-250 μm dengan massa seberat 5 g. Kemudian batubara muda yang sudah ditimbang tersebut dimasukan ke dalam kolom dengan susunan dari atas ke bawah (kapas, batubara muda, kapas) (Gambar 1). Setelah itu, sebanyak 500 mL larutan metilen biru dialirkan. Effluent yang keluar kemudian ditampung ke dalam botol tampung setiap 15 menit sekali kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm.



Gambar 1. Set Alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian unsur-unsur yang terkandung pada batubara muda dan batubara muda termodifikasi hidrogen peroksida menunjukkan adanya perubahan yang ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis proksimat dan ultimat batubara muda dan batubara muda termodifikasi

Parameter	Batubara muda	Batubara muda termodifikasi H_2O_2 10%
Kalori (cal/g)	5015,41 cal/g	4657,24 cal/g
Air (%)	37,21 %	18,02 %
Abu (%)	1,065 %	1,935 %
Zat terbang (%)	31,795 %	44,76 %
Karbon tertambat (%)	29,935 %	35,385 %
Karbon (%)	53,67 %	47,39 %
Hidrogen (%)	6,02 %	6,33 %
Oksigen (%)	38,58 %	41,010 %
Nitrogen (%)	0,69 %	0,60
Sulfur (%)	0,12 %	0,33 %

Dari hasil pengujian unsur pada batubara muda dan batubara muda modifikasi, terlihat adanya penurunan nilai kalori dan peningkatan kadar oksigen. Terjadinya penurunan nilai kalori disebabkan oleh melarutnya berbagai zat-zat mineral yang terkandung pada batubara muda saat proses oksidasi. Peningkatan kadar oksigen pada batubara muda modifikasi ini menunjukkan bahwa oksidasi batubara menggunakan hidrogen peroksida telah berlangsung.

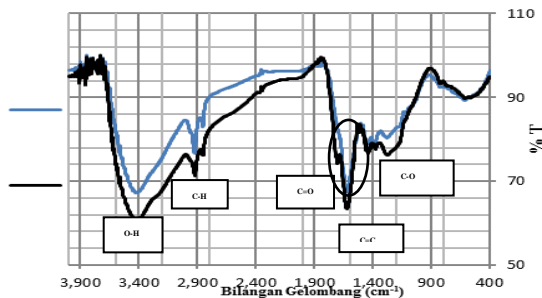
FTIR

Batubara muda dan batubara muda termodifikasi diuji menggunakan FTIR untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang disebabkan oleh reaksi oksidasi menggunakan hidrogen peroksida.

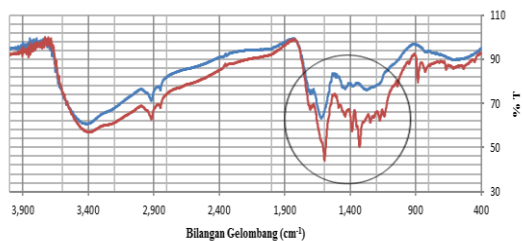
Dari spektra FTIR batubara muda sebelum dan setelah modifikasi (Gambar 2), terdapat peningkatan intensitas pada serapan sekitar 1705 cm^{-1} ($-C=O$ karboksilat) diikuti dengan berkurangnya intensitas pada serapan sekitar 3000 cm^{-1} (C-H). Selain peningkatan yang signifikan pada serapan gugus karboksilat, terdapat peningkatan pada serapan gugus $C=C$ walau tidak terlalu signifikan. Peningkatan ini menunjukkan terjadinya reaksi oksidasi yang menghasilkan gugus fungsi yang

mengandung atom oksigen dan gugus fungsi yang mengandung ikatan rangkap.

Dari hasil spektra FTIR batubara muda modifikasi setelah adsorpsi menggunakan metilen biru (Gambar 3) terlihat adanya peningkatan intensitas pada serapan sekitar $1000-1600\text{ cm}^{-1}$ yaitu gugus C-O, C-N, dan C-H. Adanya puncak-puncak serapan untuk gugus-gugus tersebut menandakan adanya interaksi ikatan pertukaran molekul antara metilen biru dengan batubara muda modifikasi.



Gambar 2. Gabungan Spektra FTIR Batubara Muda (biru) dan Batubara Muda Modifikasi (hitam)

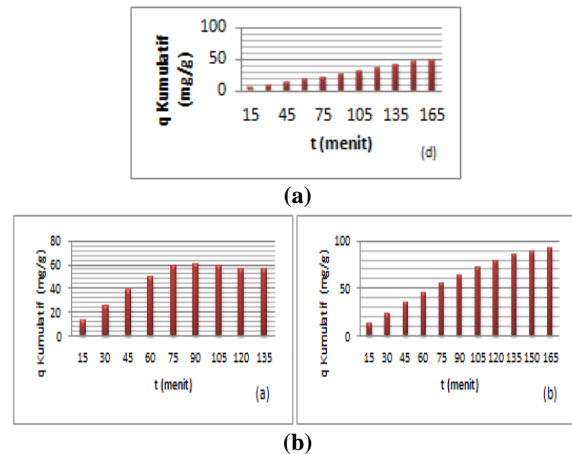
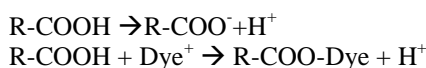


Gambar 3. Spektra FTIR Sebelum (biru) dan Sesudah (merah) Adsorpsi Batubara Muda Modifikasi

Uji Kapasitas Adsorpsi Batubara Muda dan Batubara Muda Termodifikasi Hidrogen Peroksida

Batubara muda termodifikasi memiliki kinerja yang lebih baik saat diaplikasikan sebagai filter bed adsorben menggunakan larutan model metilen biru. Berdasarkan data kapasitas adsorpsi kumulatif (q kumulatif), adsorben batubara muda termodifikasi (Gambar 4b) memiliki q kumulatif 60 mg/g (untuk modifikasi 5% H_2O_2) dan 91 mg/g (untuk modifikasi 10% H_2O_2).

Mekanisme adsorpsi pada permukaan batubara muda dapat terjadi secara fisik (melalui pori) maupun secara kimia (melalui mekanisme reaksi pertukaran kation) dalam proses adsorpsi batubara muda terhadap metilen biru yang merupakan zat warna yang kationik dengan gugus fungsi gugus $-\text{NR}^{3+}$ atau $=\text{NR}^{2+}$ dan ikatan S^+ . Mekanisme reaksi pertukaran kation yang terjadi telah dilaporkan pada literatur (Schafer, 1970).



Gambar 4. (a) batubara muda, (b) batubara muda modifikasi H_2O_2 5% dan 10 %

KESIMPULAN

Oksidasi menggunakan hidrogen peroksida pada batubara muda dapat meningkatkan kadar oksigen dan meningkatkan kapasitas adsorpsi pada batubara muda yang diperlihatkan pada hasil analisis ultimat nilai kadar oksigen meningkat dari 38,58 % menjadi 41,01 %. Kapasitas maksimum pada batubara muda meningkat setelah dimodifikasi dari 48 mg/g menjadi 91 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung dan Skema Hibah Bersaing dari Dirjen Dikti Nomor 3463/UN40/PL/2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Bansal, R.C. & Goyal, M. (2005). Activated carbon and its surface structure, in R.C. Bansal, M. Goyal (eds.), *Activated carbon adsorption*, CRC Press, Boca Raton.
- Butler, C.J., Green, A.M. & Chaffee, A.L. (2007). Remediation of mechanical thermal expression product waters using raw Latrobe Valey brown coals as adsorbents, *Fuel*, 86(7-8), 1130-1138.
- Butler, C.J., Green, A.M. & Chaffee, A.L. (2005). The influence of water quality on the reuse of lignite-derived waters in The Latrobe Valley, Australia, *Coal Preparation*, 25, 47-66.
- Havelcova, M., Mizera, J., Sýkorová, I. & Pekar, M. (2009). Sorption of metal ions on lignite and the derived humic substances, *Journal of Hazardous Materials*, 161, 559-564.
- Karaca, S., Gürses, A. & Bayrak, R. (2004). Effect of some pre-treatments on the adsorption of methylene blue by Balkaya lignite. *Energy Conversion and Management*, 45(11-12), 1693-1704.
- Mohan, S.V., Rao, N.C. & Karthikeyan, J. (2002). Adsorptive removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents: a kinetic

- and mechanistic study, *Journal of Hazardous Materials*, 90(2), 189-204.
- Qi, Y., Chaffee, A.L. & Hoadley, A.M. (2011). Characterisation of lignite as an industrial adsorbent, *Fuel*, 90(4), 1567-1574.
- Schafer, H.N.S. (1970). Carboxyl groups and ion exchange in low-rank coals, *Fuel*, 49(2), 197-213.
- Yuliani, G., Noviyana, I. & Setiabudi, A. (2014). Enrichment of Indonesian Low Rank Coal's Surface (SOCs) using hydrogen peroxides and its adsorptive properties. *Advanced Material Research*, 869, 159.
- Yuliani, G., Qi, Y., Hoadley, A.F.A.; Chaffee, A.L. & Garnier, G. (2012). Lignite clean up of magnesium bisulphite pulp mill effluent as a proxy for aqueous discharge from ligno-cellulosic biorefinery, *Biomass and Bioenergy*, 36, 411-418.
-