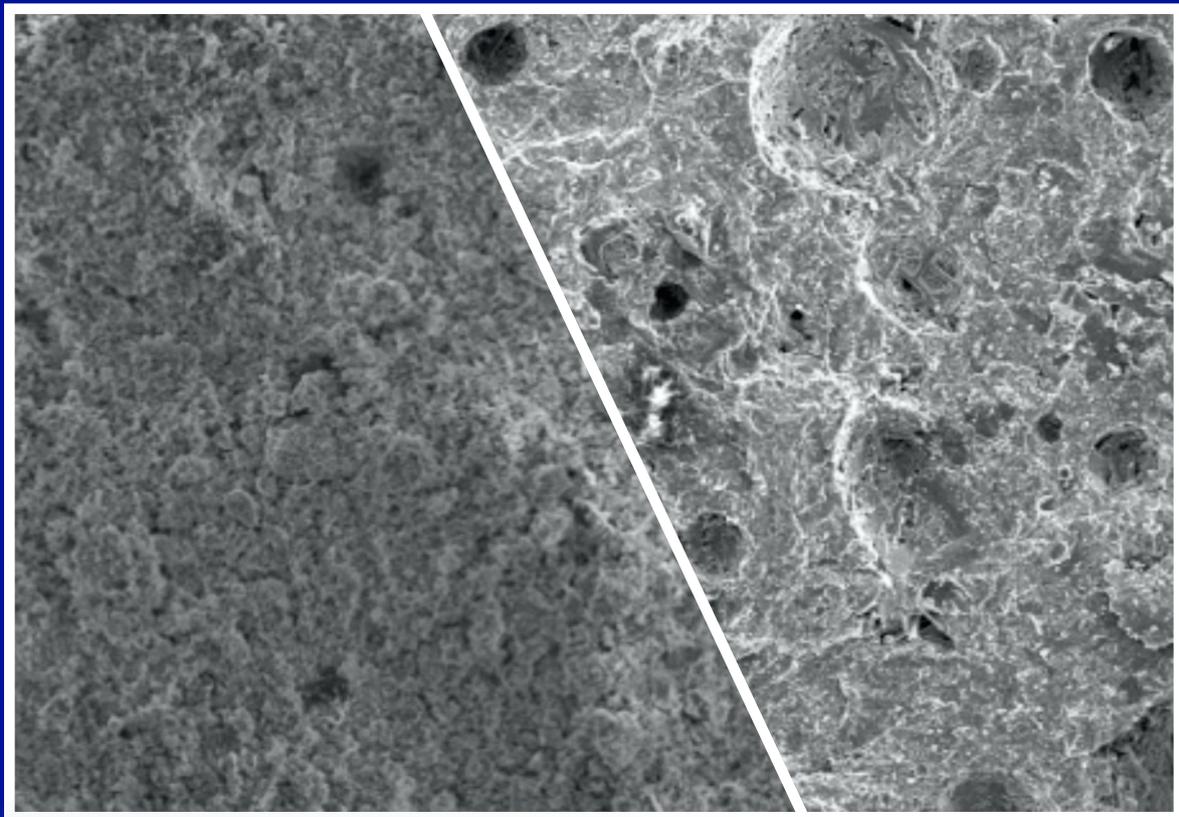


pISSN 1979-6560
eISSN 2527-8789

Jurnal

Teknologi Mineral dan Batubara

Vol. 14, No. 3, September 2018



Penerbit :
PUSLITBANG TEKNOLOGI MINERAL DAN BATUBARA

Jurnal
tekMIRA

Vol. 14

No. 3

Hal. 179 - 252

Bandung
September 2018

pISSN 1979-6560
eISSN 2527-8789

Terakreditasi RISTEKDIKTI
No. 21/E/KPT/2018
Berlaku sampai September 2020

Gambar Sampul :

Morfologi mangan hasil proses reduksi pada temperatur 700°C (kiri) dan 1200°C (kanan)
(Solihin dan Wibawa, 2018)

Para penyumbang makalah dapat mengirimkan artikelnya dalam bentuk softfile Microsoft Word (.doc, .xdoc, .rtf) yang diserahkan ke url: <http://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba>.

Setiap makalah dalam jurnal ilmiah ini telah ditelaah dan disunting oleh minimum dua penyunting ahli dan satu penyunting bahasa.

Redaksi tidak bertanggung jawab terhadap substansi makalah yang diterbitkan.

Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara

Volume 14, Nomor 3, September 2018

Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara terbit pada bulan Januari, Mei, September, memuat karya-karya ilmiah yang berkaitan dengan litbang mineral dan batubara mulai dari eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, ekstraksi, pemanfaatan, lingkungan, kebijakan dan keekonomian termasuk ulasan ilmiah terkait.

Redaksi menerima naskah yang relevan dengan substansi terbitan ini.

PENASIHAT

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara

Kepala Bidang Afiliasi dan Informasi

Kepala Sub Bidang Informasi

PEMIMPIN REDAKSI

Prof. I G. Ngurah Ardha, M.Met.

REDAKTUR PELAKSANA

Umar Antana

DEWAN REDAKSI

1. Prof. I G. Ngurah Ardha, M.Met. (Metalurgi/Pengolahan Mineral)
2. Prof. Dr. Siti Rochani, M.Sc. (Kimia/Teknologi Bahan)
3. Zulfahmi, Ir., M.T. (Tambang Bawah Tanah)
4. Retno Damayanti, Dra., Dipl.Est. (Kimia/Lingkungan Pertambangan)
5. Eko Pujiyanto, Ir., M.E. (Geoteknologi)
6. Nendaryono Madiutomo, Ir., M.T. (Teknologi Penambangan)
7. Ridwan Saleh, Drs. (Ekonomi Mineral)
8. Bambang Yunianto, Drs. (Kebijakan Pertambangan)
9. Gandhi K. Hudaya, S.T. (Tekno-Ekonomi)
10. Asep Bahtiar Purnama, S.T., M.T. (Geologi/Eksplorasi Sumberdaya Bumi)
11. Dahlia Diniyati, S.T., M.Eng. (Teknik Kimia/Pengolahan dan Pemanfaatan Batubara)
12. Nurhadi, S.T., M.T. (Teknologi Pengolahan Batubara)
13. Dessy Amalia, S.T., M.T. (Pengolahan Mineral)

PENYUNTING ILMIAH

1. Prof. I G. Ngurah Ardha, M.Met.
2. Prof. Dr. Siti Rochani, M.Sc.

MITRA BESTARI

1. Prof. Dr. Syoni Supriyanto, M.Sc. (ITB - Teknik Pertambangan)
2. Dr. Singgih Saptono, M.T. (UPN Veteran Yogyakarta - Teknik Pertambangan)
3. Dr. Said Muzambiq, M.Sc. (ITM Medan - Lingkungan Pertambangan)
4. Dr.Phil.Nat. Sri Widodo, M.T. (UNHAS - Desain Pertambangan)
5. Dr. Nuzul Achjar (FE-UI - Ekonomi)
6. Dr. Ir. Edi Sanwani (ITB - Pengolahan Mineral-Batubara)
7. Prof. Dr. Pramusanto, Ir. (Unisba - Metalurgi ekstraktif)
8. Prof. Dr. Ir. Udi Hartono (Badan Geologi - Petrologi dan Mineralogi)
9. Prof. Dr. Ir. Surono (Pusat Survei Geologi - Geologi Bahan Galian Tambang)
10. Dr. Hermes Panggabean, M.Sc. (PSG - Energi Fosil)
11. Dida Kusnida, Ir., M.Sc. (P3GL - Geofisika Marin)

12. Lukman Arifin, Drs., M.Si. (P3GL - Geofisika Kelautan)
13. Sri Widayati, Ir., M.T. (Unisba - Ekonomi Mineral)
14. Dr. Asri Peni Wulandari, M.Sc. (UNPAD - Bioteknologi)
15. Dr. D. Hendra Amijaya (UGM - Geokimia Hidrokarbon dan Geology Batubara)
16. Dr. Sri Mulyaningsih, S.T., M.T. (IST AKPRIND Yogyakarta - Geologi Teknik)
17. Dr. Muchlis, M.Sc. (IST AKPRIND Yogyakarta - Teknik Geologi Lingkungan)
18. Dr. Tri Nuke Pudjiastuti, M.A. (LIPI - Lingkungan/Hukum Pertambangan)
19. Achmad Subardja Djakamihardja, Ir., M.Sc. (LIPI - Geo Mekanika Batuan)
20. Prof. Dr. Ir. Adjat Sudradjat, M.Sc. (UNPAD - Kebijakan Pertambangan)
21. Dr. Ir. Ismi Handayani, MT. (ITB - Pengolahan Mineral)
22. Dr. Nana Suwarna (IJOG - Geologi Batubara)
23. M. Ikhlasul Amal, Ph.D., M.Si., S.Si. (LIPI - Teknik Material)
24. Dr. Winarto Kurniawan (Tokyo Institute of Technology - Teknik Kimia)
25. Prof. Dr. Ir. Robert M. Delinom, M.Sc. (LIPI - Geoteknologi)
26. Dr. Jacob Yan Mulyana (Tokyo Metropolitan University - Kimia Terapan)
27. Dr. Ir. Komang Anggayana, M.S. (ITB - Eksplorasi Sumberdaya Bumi)
28. Muhammad Aziz, Dr.Eng. (Tokyo Institute of Technology - Energy System, Power Generation)
29. Prof. Dr. Binarko Santoso, Ir. (tekMIRA - Mineral dan Geologi Batubara)
30. Prof. Dr. Datin Fatia Umar, Ir., M.T. (tekMIRA - Teknik Kimia/Pengolahan dan Pemanfaatan Batubara)
31. Dr. Miftahul Huda, Ir., M.Sc. (Teknik Kimia Terapan/ Teknologi Pemanfaatan Batubara)
32. Sri Handayani, Dra., M.Sc. (tekMIRA - Bioteknologi Mineral)
33. Tatang Wahyudi, Ir. M.Sc. (tekMIRA - Geologi/Mineralogi Proses)
34. Prof. Husaini, Ir., M.Sc. (tekMIRA - Teknik Lingkungan)
35. Dr. Agus Wahyudi (tekMIRA - Pengolahan Mineral)
36. Isyaton Rodliyah, S.Si., M.T. (tekMIRA - Pengolahan Mineral)
37. M. Ade A. Efendi, S.T., M.Eng. (tekMIRA - Teknologi Pemanfaatan Batubara)
38. Phiciato, Dipl.Ing (tekMIRA - Teknologi Pemanfaatan Batubara)

Redaksi Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari, khususnya kepada mereka yang telah berpartisipasi menelaah naskah-naskah yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah *tekMIRA* Vol. 14, No. 3, September 2018 ini. Para Mitra Bebestari yang telah berpartisipasi menelaah makalah ilmiah untuk edisi ini adalah

1. Prof. Dr. Pramusanto, Ir.
2. Prof. Husaini, Ir., M.Sc.
3. Sri Handayani, Dra., M.Sc.
4. Prof. Dr. Datin Fatia Umar, Ir., M.T.
5. Sri Widayati, Ir., M.T.



Semua artikel yang dipublikasikan disematkan dengan Nomor DOI yang berafiliasi dengan Crossref DOI prefix 10.30556

AKREDITASI

Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara telah disertifikasi sebagai jurnal ilmiah Indonesia oleh Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI).

No. 21/E/KPT/2018

Berlaku sampai September 2020

STAF REDAKSI

Umar Antana, Hanny F. Fauziah, Meitha Suciyanti, Sumaryadi dan Bachtiar Efendi

PENERBIT

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara

ALAMAT REDAKSI

Jl. Jend. Sudirman 623 Bandung 40211

Telpon : (022) 6030483 - 5, Fax : (022) 6003373

e-mail : jurnaltekmira@gmail.com /

Website : <http://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba>

DOI : [10.30556/jtmb](https://doi.org/10.30556/jtmb)

Jurnal

Teknologi Mineral dan Batubara

Volume 14, Nomor 3, September 2018

DAFTAR ISI

- ❑ **Transformasi Mineral Pirolusit pada Temperatur Tinggi 179 - 186**
Transformation of Pirolusite Mineral at High Temperature
Solihin dan Aditya Wibawa
DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.682](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.682)

- ❑ **Pengaruh Zeolit sebagai Agregat Kasar dan Abu Batubara sebagai Bahan Campuran Semen Terhadap Kuat Tekan *Paving Block* 187 - 194**
The Influence of Zeolite as Coarse Aggregate and Fly Ash as Cement Admixture Material on Paving Block's Compressive Strength
Indah Pratiwi dan Evi D. Yanti
DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.158](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.158)

- ❑ ***Digesting* Ampas Bauksit untuk Pembuatan Tawas Skala Pilot..... 195 - 200**
Digesting Bauxite Tailings for Alum Manufacture at Pilot Scale
Kukuh N. Hidayat, Husaini dan Suganal
DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.151](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.151)

- ❑ **Pengaruh Ukuran Butir Batubara dan Komposisi Batubara-ZnCl₂ pada Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Logam Fe, Cu dan Zn dalam Limbah Cair 201 - 212**
The Influence of Grain Size of Coal and Composition of Coal-ZnCl₂ on Activated Carbon Adsorption Against Fe, Cu and Zn Metals in Wastewater
Sulistyah, Edy J. Tuheteru dan Pancanita N. Hartami
DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.149](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.149)

- ❑ **Abu Batubara dan Pemanfaatannya: Tinjauan Teknis Karakteristik Secara Kimia dan Toksikologinya 213 - 231**
Coal Ash and Its Utilization: A Technical Review on Its Chemically Characteristics and Toxicology
Retno Damayanti
DOI: [10.30556/jtmb.vol14.No3.2018.966](https://doi.org/10.30556/jtmb.vol14.No3.2018.966)

- ❑ **Analisis Rantai Nilai Besi Baja di Indonesia..... 233 - 252**
Value Chain Analysis of Iron Steel in Indonesia
Ijang Suherman dan Ridwan Saleh
DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No2.2018.696](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No2.2018.696)

Dari Redaksi

Kami dari redaksi merasa berbahagia karena berkat ridho Tuhan YME, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara (Jurnal *tekMIRA*), Vol. 14, No. 3, dapat terbit tepat waktu dalam bulan September ini, yang sekaligus sebagai edisi penutup untuk volume tahun 2018. Jurnal *tekMIRA* seperti biasanya selalu memuat karya-karya tulis hasil penelitian dan kajian di bidang minerba dari berbagai institusi litbang nasional sesuai dengan isu terkini yang sedang berkembang. Bervariasinya topik-topik artikel yang di-review oleh para ahli di bidangnya, jika memenuhi kriteria lalu di-edit berulang-ulang dan akhirnya dimuat, dapat membantu tujuan utama dari penerbitan Jurnal *tekMIRA* ini yaitu berusaha menginformasikan hasil-hasil litbang dari para peneliti/perekayasa untuk para pembaca/peminat teknologi minerba dan sekaligus berfungsi untuk meningkatkan capaian litbang yang berbasis BLU. Nampaknya ada dua hal pokok yang tersirat dari 6 (enam) artikel yang dimuat dalam Jurnal *tekMIRA* edisi sekarang ini, yaitu peningkatan nilai tambah mineral/batubara dan upaya memanfaatkan limbah pengolahan mineral/batubara guna menjaga kelestarian fungsi dan daya dukung lingkungan pertambangan. Kita semua menyadari bahwa pemanfaatan sumber daya mineral/batubara melalui teknologi penambangan dan pengolahan harus dilakukan di dalam negeri sesuai amanat undang-undang minerba. Upaya penelitian pengolahan dan pemanfaatan limbah minerba akan memacu pengelola industri agar jangan semata-mata bertujuan untuk mengambil keuntungan mengekstraknya saja dari perut bumi, melainkan juga harus dapat menjaga kelestarian fungsi dan daya dukung lingkungan sehingga mampu menjaga keseimbangan ekosistem alam di sekitarnya.

Kepada para pembaca yang budiman, kami informasikan bahwa artikel pertama membahas hasil penelitian tentang fenomena transformasi reaksi reduksi pirolusit menjadi mangan beroksida empat yang selanjutnya menjadi mangan beroksida tiga yang stabil. Dengan mengetahui fenomena reaksinya maka dapat diketahui kondisi proses yang optimal, efisien dan tentunya ekonomis untuk diproduksi. Berikutnya sebagai artikel kedua membahas tentang pemanfaatan mineral zeolit yang dicampur dengan limbah abu batubara untuk pembuatan *paving block*. Juga dibahas tentang pemanfaatan limbah hasil pencucian bauksit yang masih mengandung alumina relatif tinggi untuk dimanfaatkan menjadi produk tawas sebagai artikel ketiga. Karbon aktif yang dibuat dari batubara dicoba kemampuan daya serapnya terhadap limbah cair yang mengandung logam-logam berat Fe, Cu, Zn. Hasilnya secara umum karbon aktif hasil produksinya mampu menyerap limbah cair mengandung logam-logam tersebut dengan baik walau kapasitas adsorpsinya bervariasi. Artikel berikutnya membahas tentang kualitas limbah abu batubara melalui karakteristik keterlindian kandungan logam-logam beratnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa keterlindian kandungan logam-logam beratnya ternyata tidak signifikan yang berarti limbah batubara pada lokasi yang diuji bukan sebagai limbah B3. Namun karena jumlahnya yang semakin banyak dilokasi penampungan limbah, maka harus dimanfaatkan agar lingkungan yang bersih tanpa debu terrealisasi. Terakhir adalah artikel yang mengkaji tentang komoditas berbasis besi. Diketahui bahwa hingga saat ini Indonesia masih mengimpor sebagian dari komoditi tersebut. Hal ini disebabkan karena masih ada mata rantai produksi hulu-hilir yang terputus di Indonesia. Apabila mata rantai yang terputus tersebut dapat diperbaiki melalui realisasi investasi, maka tentu perekonomian akan membaik bersama sama dengan serapan tenaga kerja yang membesar untuk kesejahteraan rakyat Indonesia.

Demikianlah sepatah dua patah kata pengantar dari Redaksi untuk para pembaca yang budiman sebelum membuka lembar demi lembar Jurnal *tekMIRA* edisi September 2018 ini. Semoga bermanfaat, Redaksi berharap Jurnal *tekMIRA* dapat menjumpai lagi para pembaca dalam edisi-edisi tahun 2019 mendatang. Terima kasih.

Redaksi

Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa izin dan biaya.

Indeks Abstrak

Solihin dan Wibawa, Aditya (Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI)

Transformasi Mineral Pirolusit pada Temperatur Tinggi
Transformation of Pirolusite Mineral at High Temperature

DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.682](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.682)

Jurnal *tekMIRA*, Vol. 14, No. 3, September 2018, hlm.179-186

Mangan adalah unsur penting yang digunakan oleh beberapa industri a.l. sebagai unsur pemuat dalam industri baterai dan baja khusus. Reduksi merupakan tahap yang sangat penting dalam proses pengolahan mangan. Tujuan dari penelitian ini untuk menyelidiki perilaku reduksi konsentrat mangan yang berasal dari Sumbawa. Konsentrat mangan ini mengandung pirolusit dan kuarsa. Pemanasan campuran konsentrat mangan dan batubara menghasilkan senyawa Mn_3O_4 yang stabil sampai temperatur $700^\circ C$. Menurunnya tekanan parsial reduktor pada temperatur $800^\circ C$ menyebabkan Mn_3O_4 teroksidasi kembali menjadi Mn_2O_3 yang stabil sampai temperatur $1100^\circ C$. Selama pemanasan, kuarsa diperkirakan mengalami perubahan struktur kristal menjadi silika nonkristalin. Akhirnya, silika nonkristalin tersebut bereaksi dengan mangan oksida pada temperatur $1200^\circ C$ membentuk mangan silikat.

Kata kunci: Mangan, reduksi, reaksi antar padatan, pirometalurgi.

mendapatkan komposisi campuran *paving block* yang memenuhi standar kuat tekan SNI, dengan memanfaatkan zeolit sebagai agregat kasar dan abu batubara sebagai bahan pengganti semen. Benda uji dibuat dengan komposisi campuran yang berbeda yaitu zeolit (agregat kasar), pasir (agregat halus), semen, abu batubara dan air, menggunakan alat cetak tekan manual dan diuji nilai kuat tekannya pada umur 28 hari. Persentase gradasi tiap ukuran butir diatur agar dicapai sifat fisik dan mekanik benda uji yang optimal. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, benda uji *paving block* ZFA2 memenuhi standar mutu kelas B dengan komposisi campuran zeolit, pasir, semen, abu batubara dan air sebesar 1:2:1,5:3:1 yang dapat digunakan untuk pelataran parkir dengan nilai kuat tekan sebesar 18,09 MPa. Benda uji *paving block* ZFA4 memenuhi standar mutu kelas C dengan komposisi campuran zeolit, pasir, semen, abu batubara dan air sebesar 1,5:3:1,5:1,5:1 yang cocok digunakan pada lahan pejalan kaki dengan nilai kuat tekan sebesar 15,89 MPa.

Kata kunci: Agregat kasar, abu batubara, kuat tekan, *paving block*, zeolit.

Pratiwi, Indah dan Yanti, Evi D. (UPT Loka Uji Teknik Penambangan dan Mitigasi Bencana, Liwa - LIPI)

Pengaruh Zeolit sebagai Agregat Kasar dan Abu Batubara sebagai Bahan Campuran Semen Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*

The Influence of Zeolite as Coarse Aggregate and Fly Ash as Cement Admixture Material on Paving Block's Compressive Strength

DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.158](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.158)

Jurnal *tekMIRA*, Vol. 14, No. 3, September 2018, hlm.187-194

Tingginya permintaan *paving block* berdampak pada meningkatnya harga dan kebutuhan bahan baku utama yang digunakan. Untuk mengatasinya dibutuhkan material berkualitas baik dan teknologi konstruksi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap material tertentu. Di Indonesia potensi sumberdaya mineral zeolit dan abu batubara cukup banyak. Kandungan silika dalam abu batubara mencapai 60% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen. Penelitian ini bertujuan untuk

Hidayat, Kukuh N.; Husaini dan Suganal (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)

Digesting Ampas Bauksit untuk Pembuatan Tawas Skala Pilot

Digesting Bauxite Tailings for Alum Manufacture at Pilot Scale

DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.151](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.151)

Jurnal *tekMIRA*, Vol. 14, No. 3, September 2018, hlm.195-200

Limbah atau ampas bauksit hasil pencucian belum dimanfaatkan dengan optimal dan hanya menimbulkan pencemaran lingkungan, padahal kandungan berharga yang ada di dalamnya seperti alumina masih bisa diolah menjadi koagulan (tawas atau PAC). Tawas dapat dihasilkan melalui proses *digesting* bauksit dengan menggunakan asam sulfat. Percobaan pembuatan tawas ini menggunakan ampas pencucian bauksit asal Meliau, Kalimantan Barat, berupa *undersize rotary drum scrubber* (RDS) yang berukuran +60 mesh dan sudah mengalami penggerusan sampai -150 mesh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimum proses pembuatan tawas skala pilot. Proses ini dimulai dengan proses reduksi bauksit dengan *ball mill*, dilanjutkan dengan pelarutan bauksit dengan asam sulfat dalam sebuah reaktor pada suhu $100^\circ C$. Filtrat yang dihasilkan direduksi kandungan besinya dengan

<p>diupkan, sehingga menjadi tawas. Setelah dilakukan optimasi pembuatan tawas, kondisi terbaik yang diperoleh pada pembuatan tawas dari ampas adalah untuk berat ampas sebesar 50 kg dibutuhkan asam sulfat sebesar 120,89 kg dan air 3,62 kg yang menghasilkan persen ekstraksi Al₂O₃ 98,62% pada kondisi suhu 100°C, dengan waktu 1 jam.</p> <p>Kata kunci: Abu batubara, abu terbang, LTJ, PLTU.</p>	<p>kapasitas adsorpsi 0,086 mg/g dengan energi adsorpsi 27,642 KJ/mol.</p> <p>Kata kunci: Rantai nilai, bijih besi, bobot, peringkat, analisis Porter.</p>
<p>Sulistyah; Tuheteru, Edy J. dan Hartami, Pancanita N. (Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi – Univeritas Trisakti) Pengaruh Ukuran Butir Batubara dan Komposisi Batubara-ZnCl₂ pada Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Logam Fe, Cu dan Zn dalam Limbah Cair <i>The Influence of Grain Size of Coal and Composition of Coal-ZnCl₂ on Activated Carbon Adsorption Againsts Fe, Cu and Zn Metals in Wastewater</i> DOI: 10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.149 Jurnal tekMIRA, Vol. 14, No. 3, September 2018, hlm.201-212</p> <p>Percobaan pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara dengan variasi ukuran butir 10, 20, 40, 60, 80, dan 100 mesh telah dilakukan. Aktivasi kimia menggunakan ZnCl₂ dengan komposisi 70% batubara - 30% ZnCl₂ dan 60% batubara - 40% ZnCl₂ dengan karbonisasi pada temperatur 500°C selama 1 jam. Contoh batubara diambil dari PT.Tambang Batubara Bukit Asam unit Penambangan Tanjung Enim Sumatera Selatan, lokasi penambangan Bangko. Pembuatan karbon aktif bertujuan untuk mempelajari potensi aplikasinya sebagai adsorben logam pada limbah cair. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bilangan iodin tertinggi adalah 1298 mg/g pada produk karbon aktif yang dibuat dengan komposisi 60% batubara - 40% ZnCl₂ dengan ukuran butir batubara 60 mesh. Uji daya serap karbon aktif terhadap logam Fe pada limbah cair dengan konsentrasi awal 33,05 ppm menunjukkan serapan hingga 99%. Pada konsentrasi awal Cu 25,15 ppm, daya serap logam Cu hingga 50,89% sedangkan pada konsentrasi awal Zn 49,15 ppm menunjukkan serapan hingga 78,07%. Besarnya bilangan iodin pada karbon aktif tidak menjamin tingginya daya serap karbon aktif terhadap logam, melainkan bergantung pada jenis logam dan konsentrasi awal logam tersebut. Untuk logam Cu, semakin tinggi bilangan iodin semakin tinggi pula daya serap karbon aktif. Secara umum serapan logam Fe, Cu dan Zn oleh karbon aktif produk penelitian ini mengikuti persamaan Isotermal Freundlich dalam proses isotermal. Berdasarkan Isotermal Freundlich, untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal 33,05 ppm diperoleh kapasitas adsorpsi 21,2 mg/g dengan energi adsorpsi 28,388 KJ/mol. Untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal 25,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,0043 mg/g dengan energi adsorpsi 26,532 KJ/mol dan untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal 49,15 ppm mempunyai</p>	<p>Damayanti, Retno (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara) Abu Batubara dan Pemanfaatannya: Tinjauan Teknis Karakteristik Secara Kimia dan Toksikologinya <i>Coal Ash and Its Utilization: A Technical Review on Its Chemically Characteristics and Toxicology</i> DOI: 10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.966 Jurnal tekMIRA, Vol. 14, No. 3, September 2018, hlm.213-231</p> <p>Pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia masih didominasi oleh bahan bakar fosil seperti minyak, gas ataupun batubara. Sampai dengan 2050 diperkirakan kontribusi batubara sebagai sumber energi masih mencapai 31%. Pembangunan PLTU 35 GW merupakan salah satu solusi pemenuhan kebutuhan energi. Konsekuensinya abu batubara akan banyak terbentuk dan ditimbun apabila tidak bisa dimanfaatkan. Berdasarkan kondisi ini pemanfaatan abu batubara secara masif perlu diupayakan dengan tetap mempertimbangkan statusnya sebagai limbah B3. Penelitian terkait pemanfaatan abu batubara berikut penunjangnya sudah dilakukan di Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara sejak tahun 2000 namun penelitian ini masih dilakukan pada skala laboratorium karena percobaan di lapangan perlu waktu dan perizinan yang cukup lama. Berdasarkan karakterisasi percontohan yang diambil dari PLTU di Jawa Barat, Jawa Timur, Sumatera dan Kalimantan diketahui bahwa abu batubara ada yang bersifat asam dan basa serta memiliki kandungan logam berat seperti Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, dan Co. Beberapa pengujian untuk melihat sifat keterlindian logam-logam berat dan sifat toksik secara kimia dan biologi menunjukkan bahwa percontohan abu batubara dapat dikategorikan sebagai bukan limbah B3 (kandungan logam-logam berat tersebut dalam lindiannya lebih kecil dari yang ditetapkan) dan bersifat hampir tidak toksik (dengan nilai 10.000 < LC50 < 100.000 ppm) dan relatif tidak berbahaya (LD 50 > 15.000 ppm). Pengujian laboratorium menunjukkan tidak terjadi pelindian logam berat yang signifikan, terbukti bahwa logam-logam berat dalam abu batubara pada pengujian spesiasi terdistribusi pada fraksi oksida dan residu yang secara kimia membuat logam-logam tersebut tidak mudah terlindi. Implementasi di lapangan dengan perencanaan pemantauan yang baik dan benar, kolaborasi dengan KLHK perlu dilakukan agar pemanfaatan limbah yang aman untuk lingkungan dapat direalisasikan.</p> <p>Kata kunci: Abu batubara, logam berat, karakteristik abu batubara, toksisitas, pelindian.</p>

Suherman, Ijang dan Saleh, Ridwan (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara)
Analisis Rantai Nilai Besi Baja di Indonesia
Value Chain Analysis of Iron Steel in Indonesia
DOI: [10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.696](https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.696)
Jurnal *tekMIRA*, Vol. 14, No. 3, September 2018, hlm.233-252

Peningkatan nilai tambah (PNT) sebagaimana diamanatkan dalam UU RI No. 4/2009, bertujuan untuk memberikan keuntungan bagi seluruh pemangku kepentingan, baik bagi perusahaan tambang, industri hilir, masyarakat dan pemerintah. Potensi pasar produk olahan berbasis besi baja baik secara global maupun nasional, belum bisa dimanfaatkan secara optimal. Kebutuhan domestik masih banyak yang dipenuhi dari impor, upaya pengolahan dan pemurnian bijih besi di dalam negeri masih menghadapi permasalahan sehingga masih banyak mata rantai industri hulu-hilir yang terputus. Penelitian ini bertujuan memetakan rantai pasokan beserta aliran produknya dan kaitannya dengan identifikasi permasalahan, menganalisis perkembangan produk dalam rantai nilai, menganalisis kinerja rantai

industri, serta dampaknya terhadap perekonomian nasional. Dengan demikian upaya peningkatan keterkaitan industri hulu dan hilir besi baja melalui program PNT, sebagaimana yang diamanatkan dalam UU No.4 Tahun 2009 dapat berjalan sebagaimana yang telah ditetapkan. Pendekatan penelitian dilakukan melalui survei langsung maupun tidak langsung. Hasil penelitian menunjukkan pada rantai industri hulu, yaitu rantai pengolahan bijih besi menjadi *sponge iron* masih ada tantangan inovasi teknologi yang berbahan baku bijih besi berkadar rendah. Pada rantai industri hilir, yaitu rantai industri baja kasar/*semi finished product* perkembangannya mengandalkan bahan baku *sponge iron* impor. Apabila tantangan tersebut dapat diatasi dan investasi dapat terealisasi, maka pada 2020, diperkirakan akan tercipta total nilai ekonomi sekitar USD 15,632 miliar, nilai tambah USD 1,707 miliar, dan serapan tenaga kerja sekitar 90.898 orang. Kontribusi terhadap perekonomian nasional dapat mendongkrak Produk Domestik Bruto sekitar 0,203%.

Kata kunci: Nilai tambah, rantai nilai, kebutuhan domestik, pengolahan dan pemurnian, keterkaitan hulu hilir.

PENGARUH UKURAN BUTIR BATUBARA DAN KOMPOSISI BATUBARA-ZnCl₂ PADA DAYA SERAP KARBON AKTIF TERHADAP LOGAM Fe, Cu DAN Zn DALAM LIMBAH CAIR

The Influence of Grain Size of Coal and Composition of Coal-ZnCl₂ on Activated Carbon Adsorption Against Fe, Cu and Zn Metals in Wastewater

SULIESTYAH, EDY J. TUHETERU dan PANCANITA N. HARTAMI

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi
Universitas Trisakti
Gedung D, Lt 2, Jalan Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta 11440
e-mail: suliestyah@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Percobaan pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara dengan variasi ukuran butir 10, 20, 40, 60, 80, dan 100 mesh telah dilakukan. Aktivasi kimia menggunakan ZnCl₂ dengan komposisi 70% batubara - 30% ZnCl₂ dan 60% batubara - 40% ZnCl₂ dengan karbonisasi pada temperatur 500°C selama 1 jam. Contoh batubara diambil dari PT.Tambang Batubara Bukit Asam unit Penambangan Tanjung Enim Sumatera Selatan, lokasi penambangan Bangko. Pembuatan karbon aktif bertujuan untuk mempelajari potensi aplikasinya sebagai adsorben logam pada limbah cair. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bilangan iodin tertinggi adalah 1298 mg/g pada produk karbon aktif yang dibuat dengan komposisi 60% batubara - 40% ZnCl₂ dengan ukuran butir batubara 60 mesh. Uji daya serap karbon aktif terhadap logam Fe pada limbah cair dengan konsentrasi awal 33,05 ppm menunjukkan serapan hingga 99%. Pada konsentrasi awal Cu 25,15 ppm, daya serap logam Cu hingga 50,89% sedangkan pada konsentrasi awal Zn 49,15 ppm menunjukkan serapan hingga 78,07%. Besarnya bilangan iodin pada karbon aktif tidak menjamin tingginya daya serap karbon aktif terhadap logam, melainkan bergantung pada jenis logam dan konsentrasi awal logam tersebut. Untuk logam Cu, semakin tinggi bilangan iodin semakin tinggi pula daya serap karbon aktif. Secara umum serapan logam Fe, Cu dan Zn oleh karbon aktif produk penelitian ini mengikuti persamaan Isotermal Freundlich dalam proses isotermal. Berdasarkan Isotermal Freundlich, untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal 33,05 ppm diperoleh kapasitas adsorpsi 21,2 mg/g dengan energi adsorpsi 28,388 KJ/mol. Untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal 25,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,0043 mg/g dengan energi adsorpsi 26,532 KJ/mol dan untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal 49,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,086 mg/g dengan energi adsorpsi 27,642 KJ/mol.

Kata kunci: Karbon aktif, aktivasi kimia, karbonisasi, adsorpsi logam, Isotermal Freundlich.

ABSTRACT

The experiment of coal-based activated carbon with the variation of grain size of 10, 20, 40, 60, 80 and 100 mesh has been conducted. The chemical activation using ZnCl₂ with composition of coal-ZnCl₂ of 70% - 30% and 60% - 40% were carbonized at temperature of 500°C for 1 hour. Coal sample was taken from PT.Tambang Batubara Bukit Asam, Bangko coal mine, Tanjung Enim South Sumatera. The study of activated carbon production is aimed to know the potential application of activated carbon as metal adsorbent in wastewater. The observation showed that the highest iodine number is 1298 mg/g on activated carbon product that was made at

coal-ZnCl₂ composition of 60% and 40% respectively with the coal grain size of 60 mesh. Activated carbon adsorption test against Fe metal in wastewater at the initial concentration of 33.05 ppm, the absorption was 99%. Cu in the initial concentration of 25.15 ppm, the absorption was 50,89%, while the absorption of Zn at the initial concentration of 49.15 ppm was 78,07%. The high iodine number of activated carbon, did not show the high adsorption capacity of the metals, but rather depends on the type and the initial concentration of the metals. For Cu metal, the higher the iodine number, the higher the adsorption. In general, the absorption of Fe, Cu and Zn metals by activated carbon made in this research follows the Isothermal Freundlich equation of isothermal process. Based on the Isothermal Freundlich, for metal adsorption of Fe at the initial concentration of 33.05 ppm has adsorption capacity of 21.2 mg/g with adsorption energy of 28.388 KJ/mol. For the adsorption of Cu at the initial concentration of 25.15 ppm has adsorption capacity of 0.0043 mg/g and adsorption energy 26.532 KJ/mol and for Zn metal adsorption at the initial concentration of 49.15 ppm has adsorption capacity of 0.086 mg/g and adsorption energy 27.642 KJ/mol.

Keywords: Activated carbon, chemical activation, carbonization, metal adsorption, Isothermal Freundlich.

PENDAHULUAN

Pembuatan karbon aktif dari batubara diharapkan dapat menghasilkan produk karbon aktif yang berkualitas baik untuk mengurangi penggunaan bahan baku yang jumlahnya terbatas, seperti pembuatan karbon aktif dengan bahan baku tempurung kelapa (Anggarini, Tjahjanto dan Darjito, 2013), tongkol jagung (Alfiany, Bahri dan Nurakhirawati, 2013), cangkang sawit (Ibrahim, Martin dan Nasruddin, 2015), dan ampas tebu (Karimah dan Sudibandriyo, 2013). Beberapa percobaan pembuatan karbon aktif dengan bahan baku batubara peringkat rendah telah dilakukan serta aplikasinya sebagai adsorben logam berat (Kusmiyati, Lystanto dan Pratiwi, 2012; Payung, Sitorus dan Alimuddin, 2014). Batubara dari PT. Tambang Batubara Bukit Asam unit penambangan Tanjung Enim jenis subbituminus juga telah digunakan dalam percobaan pembuatan karbon aktif yang menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 493 mg/g (Payung, Sitorus dan Alimuddin, 2014). Batubara yang berasal dari Kabupaten Kampar-Riau juga telah digunakan dalam pembuatan karbon aktif yang menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 686 mg/g (Anjoko, Dewi dan Malik, 2014).

Pengembangan metode pembuatan karbon aktif batubara telah dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (*tekMIRA*) melalui proses karbonisasi dan aktivasi fisika menggunakan uap air. Percobaan pada skala laboratorium menggunakan batubara lignit dilakukan melalui proses karbonisasi pada suhu 500-600°C selama 30-90 menit, dilanjutkan dengan aktivasi fisika pada suhu

60-120 menit. Proses ini menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 435-552 mg/g. Puslitbang tekMIRA juga telah melakukan uji coba skala pilot dengan sistem proses yang berlangsung secara kontinu dengan ukuran butir batubara 1-3 cm pada laju umpan 100 kg/jam. Karbonisasi berlangsung pada suhu 500-600°C dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan uap air pada suhu 900°C selama 5 jam. Produk karbon aktif pada proses ini mempunyai bilangan iodin 200-688°C (Monika, 2016).

Pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara peringkat rendah dengan aktivasi menggunakan campuran KOH-NaOH menghasilkan bilangan iodin 1004-1198 mg/g (Monika, 2016), sedangkan pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara bituminus dengan aktivator H₃PO₄ dan NH₄HCO₃ menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 1238,5 mg/g. Pembuatan karbon aktif dari batubara dengan aktivator ZnCl₂ memberikan bilangan (Sulistyah dan Astuti, 2014) dengan komposisi ZnCl₂ 40% pada ukuran butir batubara 100 mesh. Uji daya serap karbon aktif hasil penelitian tersebut terhadap logam Fe dan Cu pada konsentrasi awal 50 ppm menunjukkan adanya serapan sekitar 40-50%, namun pada konsentrasi awal yang lebih tinggi hingga 350 ppm menunjukkan serapan yang semakin menurun hingga 10-20%.

Dalam penelitian ini dibuat pengembangan metode pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara peringkat rendah melalui aktivasi kimia dan karbonisasi. Aktivasi kimia menggunakan ZnCl₂ sebanyak 30% dan 40% pada variasi ukuran butir 20-80 mesh. Produk karbon aktif hasil penelitian ini selanjutnya

diuji coba untuk penyerapan logam Fe, Cu dan Zn dalam limbah cair.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya serap karbon aktif yang dibuat dengan menggunakan aktivator ZnCl₂. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh ukuran butir batubara dan komposisi batubara - ZnCl₂ terhadap bilangan iodin karbon aktif dan terhadap daya serap karbon aktif pada logam Fe, Cu dan Zn dalam limbah cair. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat adsorpsi logam berdasarkan kurva isoterm Langmuir dan Freundlich.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan tingkat eksplanasi komparatif, yaitu membandingkan perolehan dan bilangan iodin pada karbon aktif yang dihasilkan serta daya serapnya terhadap logam berdasarkan variasi ukuran butiran batubara dan variasi komposisi batubara-ZnCl₂. Dalam penelitian ini digunakan aktivator ZnCl₂ kualitas teknis dengan pertimbangan ekonomi, untuk mengatasi tingginya biaya pada penelitian terdahulu yang menggunakan aktivator ZnCl₂ yang berkualitas *pro analysis* (Suliestyah dan Astuti, 2014).

Percontoh yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PTBA Penambangan Bangko Barat Pit 1 Lapisan A2. Preparasi percontoh untuk pengecilan ukuran dilakukan menggunakan jaw crusher lalu dikeringkan menggunakan oven bersuhu 35°C selama 1 hari. Untuk reduksi ukuran selanjutnya menggunakan alat *hammer mill*, *dust mill*, dan *rocklabs*, lalu diayak menggunakan ayakan sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan yaitu ukuran 10, 20, 40, 60, 80 dan 100 mesh.

Karakterisasi Bahan Baku Batubara

Karakterisasi batubara dilakukan melalui analisis proksimat dan pengukuran nilai kalor, untuk menentukan kualitas batubara yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini. Penentuan kualitas sampel batubara dilakukan di Laboratorium Batubara Puslitbang tekMIRA dengan menggunakan metode yang berbeda-beda untuk setiap parameter analisis. Untuk analisis kadar air

menggunakan metode ASTM D 3173, kadar abu ASTM D 3174, zat terbang ASTM D 3175, *fixed carbon* ASTM D 3172, total sulfur ASTM D 4239, dan nilai kalor ASTM D 5865.

Pembuatan Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia

Pada pembuatan karbon aktif, aktivasi kimia dilakukan menggunakan ZnCl₂ kualitas teknis. Pada tahap ini hasil preparasi percontoh batubara yang berukuran 10, 20, 40, 60, 80 dan 100 mesh dicampurkan dengan ZnCl₂ dengan 2 variasi komposisi untuk setiap ukuran batubara yaitu 70% batubara dan 30% ZnCl₂, dan 60% batubara dan 40% ZnCl₂. Sejumlah ZnCl₂ teknis sesuai berat yang dikehendaki dimasukkan ke dalam *beaker glass* 300 ml, lalu dilarutkan dengan 150-200 ml aquades. Ke dalam *beaker glass* tersebut ditambahkan batubara sesuai berat yang dikehendaki, dan dengan ukuran butir yang dikehendaki, lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit, dituangkan ke dalam pan untuk dipanaskan pada suhu 80°C selama 3 jam, kemudian suhu dinaikkan menjadi 105°C untuk pengeringan. Proses ini disebut sebagai aktivasi kimia dengan menggunakan ZnCl₂ teknis sebagai aktivator. Campuran tersebut selanjutnya dikeringkan sampai bobot tetap, lalu dimasukkan ke dalam reaktor karbonisasi untuk dikarbonisasi pada suhu 500°C selama 1 jam. Selama karbonisasi berlangsung, ke dalam reaktor dialiri gas nitrogen dari mulai pemanasan sampai pendinginan. Bobot campuran sebelum dan sesudah karbonisasi dicatat untuk menghitung perolehan (*yield*).

Analisis Bilangan Iodin (SNI 0258 – 89)

Produk karbon aktif sebanyak 1 gr dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, dibubuhi HCl 5%, dipanaskan sampai mendidih selama 30 detik, lalu didinginkan secara alami sampai suhu kamar. Selanjutnya dimasukkan 100 ml larutan iodin 0,1 N dengan pipet volume ke dalam erlenmeyer tersebut, lalu dikocok 1 menit dan disaring dengan kertas saring whatman No.42. Kemudian filtrat dipipet dengan pipet volume 25 mL di dalam labu erlenmeyer yang lain, ditetesi 2 – 3 tetes larutan kanji sebagai indikator lalu dititrasi dengan larutan natrium tio sulfat 0,1 N sampai warna kuning. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang. Titik

akhir titrasi adalah: satu tetes natrium tio sulfat berlebih, warna biru hilang. Pengukuran bilangan Iodin ini dilakukan terhadap setiap komposisi batubara-ZnCl₂ teknis pada setiap jenis ukuran butir batubara.

Pengujian Adsorpsi Terhadap Logam

1. Limbah cair yang mengandung logam Fe, Cu dan Zn diambil dari limbah Laboratorium Kimia di Kampus Universitas Trisakti Jakarta dengan 2 macam konsentrasi awal. Besarnya konsentrasi awal pada 2 macam limbah tersebut diukur dengan metoda AAS sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi awal limbah cair laboratorium

Logam	Konsentrasi awal (ppm)	
	Limbah Lab. Kimia	Limbah Lab. Lingkungan
Fe	33,05	237,35
Zn	66,67	49,15
Cu	3345	25,15

2. Percontoh limbah cair yang mengandung logam berat Fe, Cu dan Zn dipipet sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL.
3. Karbon aktif batubara yang diinginkan ditimbang, lalu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi limbah cair yang mengandung logam-logam di atas.
4. Labu erlenmeyer yang telah berisi karbon aktif dan limbah cair diletakkan di atas *shaker* dengan kecepatan 150 rpm dan disesuaikan dengan waktu kontak yang diinginkan.
5. Larutan kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama 10 menit, lalu dianalisis kembali dengan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas percontoh batubara yang diuji meliputi analisis proksimat dan nilai kalor dengan data sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Setelah nilai kalor dikonversi ke dalam basis mmmf (Btu/lb), maka berdasarkan klasifikasi

menurut ASTM D388 dapat disimpulkan bahwa batubara dari Bangko - PT. Tambang Batubara Bukit Asam unit Penambangan Tanjung Enim yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini berada pada peringkat Subbituminus A (Speight, 2005; Miller, 2013).

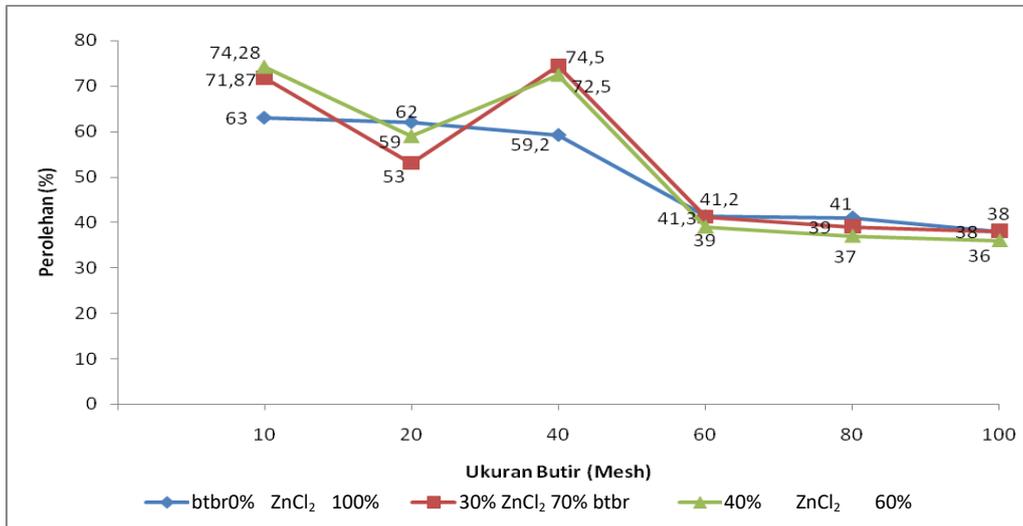
Dalam percobaan ini dibuat dua variasi komposisi prosentase batubara dan prosentase ZnCl₂ teknis (70% batubara-30% ZnCl₂ dan 60% batubara 40% ZnCl₂) dan 6 variasi ukuran butir batubara (10, 20, 40, 60, 80 dan 100 mesh) sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Blanko adalah bahan baku 100 % batubara tanpa aktivator ZnCl₂.

Produk karbon aktif yang dihasilkan memberikan perolehan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 tampak bahwa antara ukuran butir 10-20 mesh mengalami penurunan perolehan, lalu mengalami kenaikan pada ukuran butir 40 mesh dan kembali mengalami penurunan hingga ukuran butir 100 mesh. Kecenderungan penurunan dan kenaikan perolehan terjadi pada ukuran butir yang sama pada kedua variasi komposisi, baik pada komposisi 70% batubara-30% ZnCl₂ maupun pada 60% batubara-40% ZnCl₂. Pada kedua variasi komposisi tersebut tampak perolehan terbesar pada ukuran butir 40 mesh (dengan perolehan sekitar 72-74%). Pada batubara blanko, perolehan cenderung mengalami penurunan dari batubara berukuran 10 mesh hingga 100 mesh. Dalam fenomena ini terjadi penyimpangan pada batubara ukuran 40 mesh, kemungkinan pada percontoh ini terjadi peningkatan pembentukan mikropori, lalu berkurang lagi pada ukuran 60 mesh hingga 100 mesh. Hal ini berkaitan dengan kenaikan *yield* pada peningkatan pembentukan mikropori dan penurunan *yield* pada peningkatan massa yang hilang (Rijali, 2015). Dalam penelitian sebelumnya, pada ukuran butir batubara yang sama (40 mesh) dan komposisi karbon aktif yang sama (70% batubara - 30% ZnCl₂) menghasilkan perolehan lebih kecil (42%) disebabkan bahan baku yang digunakan berbeda yaitu batubara Arutmin dengan peringkat Lignit (Sulistyah dan Astuti, 2008).

Tabel 2. Hasil analisis kualitas batubara (dalam air dried basis, adb)

Kadar Air Lembab (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Karbon Terikat (%)	Nilai Kalor (Kal/g)	Kadar Sulfur (%)
11,7	0,78	35,47	52,05	5619	0,24

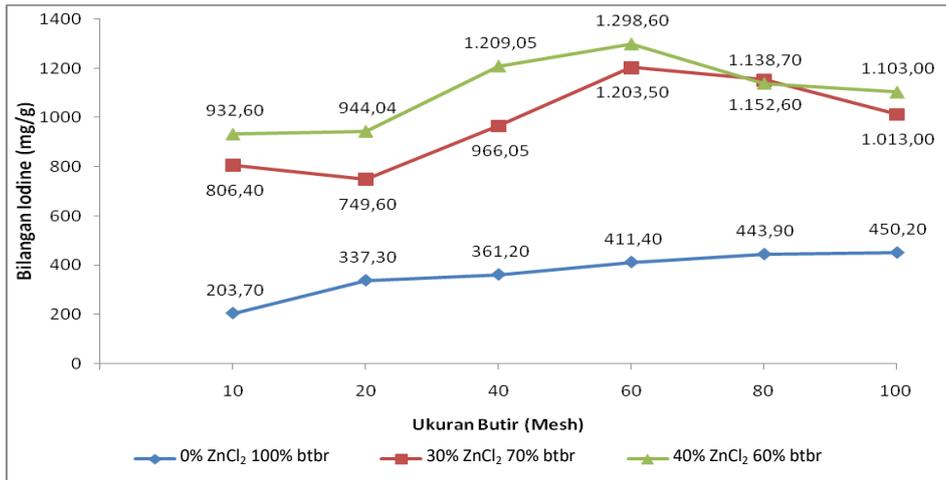


Gambar 1. Hubungan antara ukuran butir batubara dengan perolehan pada beberapa komposisi batubara-ZnCl₂

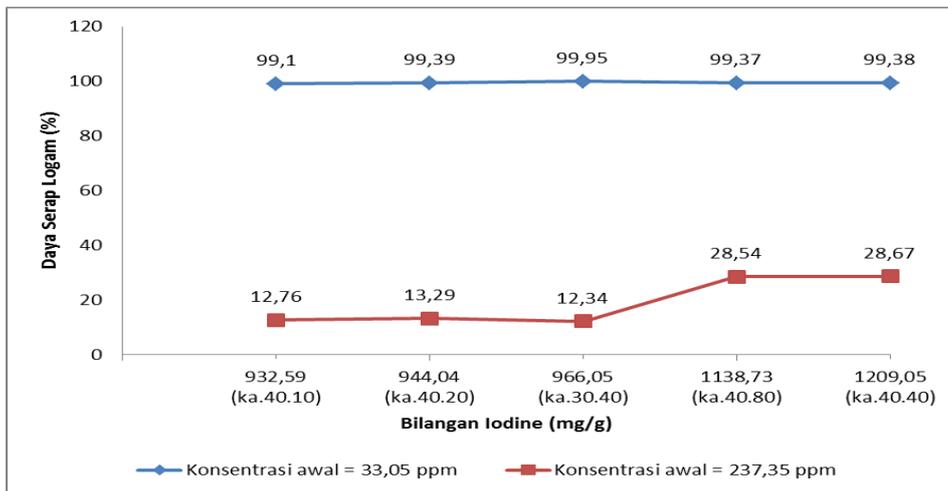
Gambar 2 menunjukkan kecenderungan bilangan Iodin pada ukuran butir yang bervariasi pada komposisi 70% batubara-30% ZnCl₂ maupun 60% batubara-40% ZnCl₂. Bilangan iodin merupakan parameter yang biasa dipakai untuk mengukur daya serap batubara yang dinyatakan dalam satuan mg/g batubara. Pada batubara yang masih asli (belum disintesis menjadi karbon aktif), pada semua ukuran butir batubara, besarnya bilangan iodin lebih kecil dibandingkan dengan batubara yang telah mengalami aktivasi dan karbonisasi menjadi karbon aktif (Pambayun dkk., 2013). Setelah batubara disintesis menjadi karbon aktif, bilangan iodin pada kedua variasi komposisi dan variasi ukuran butir menunjukkan kecenderungan yang serupa. Pada kedua variasi komposisi, bilangan iodin tertinggi terdapat pada ukuran butir 60 mesh. Pada komposisi 70% batubara-30% ZnCl₂ bilangan iodin tertinggi 1203,5 mg/g, dan pada komposisi 60% batubara-40% ZnCl₂ bilangan iodin tertinggi 1298,6 mg/g. Pada ukuran butir yang lebih halus dari 60 mesh justru bilangan iodin mulai menurun.

Hal ini disebabkan karena pada ukuran butir yang lebih kecil dari 60 mesh pengaruh impregnasi ZnCl₂ mulai menunjukkan pembentukan mesopori dan pembentukan mikropori mulai berkurang. Sedangkan Mekanisme adsorpsi iodin adalah pengisian molekul pada mikropori karbon aktif sehingga bilangan iodin mulai menurun. (Rijali, Malik dan Zulkarnain, 2015).

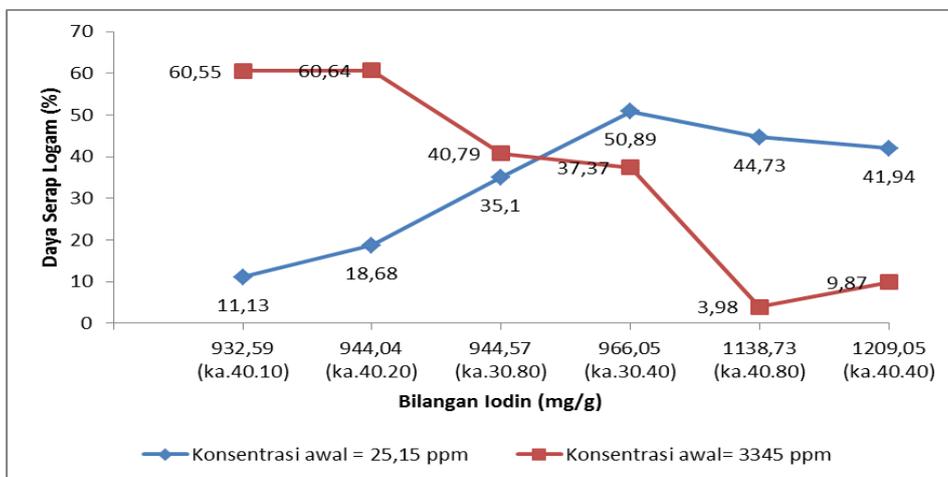
Pengujian daya serap karbon aktif terhadap logam dilakukan menggunakan karbon aktif dengan kode Ka.40.10 (karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 10 mesh), Ka.40.20(karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 20 mesh), (Ka.30.40 karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 30%, ukuran butir 40 mesh), Ka.40.80 (karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 80 mesh), dan Ka.40.40 (karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 40 mesh). Hasil pengujian di laboratorium memberikan tingkat daya serap karbon aktif terhadap logam Fe, Cu dan Zn seperti terlihat pada Gambar 3, 4, dan 5.



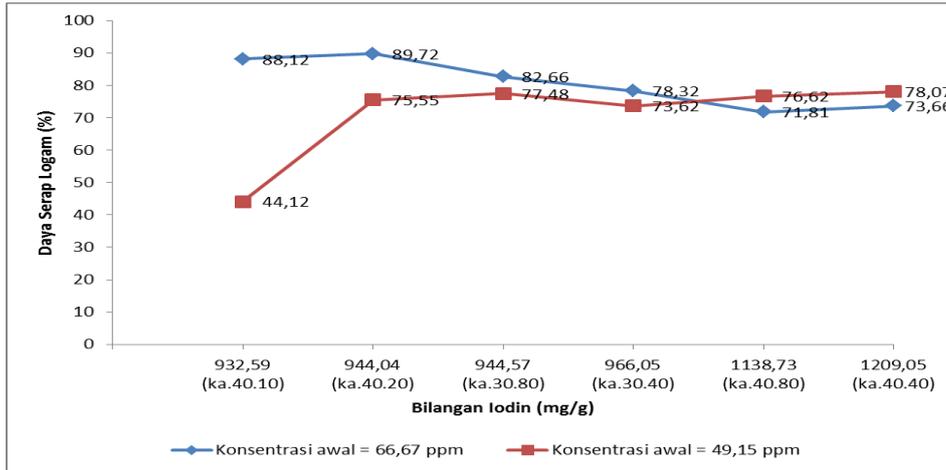
Gambar 2. Hubungan antara ukuran butir batubara dengan bilangan Iodine pada beberapa komposisi batubara-ZnCl₂



Gambar 3. Hubungan antara bilangan Iodin dengan daya serap logam Fe



Gambar 4. Hubungan antara bilangan Iodin dengan daya serap logam Cu



Gambar 5. Hubungan antara bilangan iodin dengan daya serap logam Zn

Pada Gambar 3 tampak bahwa kecenderungan daya serap karbon aktif terhadap logam Fe dipengaruhi oleh konsentrasi awal Fe dalam larutan. Pada konsentrasi awal 33,05 ppm, semakin tinggi bilangan iodin menunjukkan daya serap yang hampir sama sekitar 99%. Artinya serapan karbon aktif terhadap logam Fe tidak dipengaruhi secara signifikan oleh bilangan iodin. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 237,35 ppm terdapat kecenderungan yang berbeda. Pada bilangan iodin antara 932-966 mg/g serapan karbon aktif terhadap logam Fe tidak berubah sekitar 12-13%, sedangkan pada bilangan iodin antara 966-1209 mg/g serapan karbon aktif terhadap logam Fe mengalami peningkatan dari 12,34% hingga 28,67%. Secara umum, serapan karbon aktif terhadap logam Fe lebih besar dengan konsentrasi awal yang rendah dibandingkan dengan serapan karbon aktif terhadap logam Fe dengan konsentrasi awal yang tinggi. Hal ini disebabkan karena mekanisme adsorpsi ion logam pada karbon aktif didominasi oleh interaksi dengan gugus fungsi oksigen pada permukaan karbon sehingga terjadi pertukaran ion (Talunoe, Nurhaeni dan Mirzan, 2015). Pada konsentrasi awal yang rendah, hampir semua ion dapat teradsorpsi melalui mekanisme tersebut, namun tidak demikian halnya pada konsentrasi awal yang tinggi.

Pada Gambar 4 tampak bahwa kecenderungan daya serap karbon aktif terhadap logam Cu dipengaruhi oleh konsentrasi awal Cu dalam larutan. Pada konsentrasi awal 25,15 ppm, semakin tinggi bilangan Iodin menunjukkan

daya serap logam Cu meningkat hingga sekitar 40-50%. Sedangkan pada konsentrasi awal yang lebih tinggi yaitu 3345 ppm terdapat kecenderungan yang berbeda, yaitu pada bilangan iodin yang semakin tinggi maka serapan logam Cu justru semakin menurun, serapan semula 60,55% turun hingga 9,87%. Dalam serapan karbon aktif terhadap logam Cu, karbon aktif dengan bilangan iodin yang semakin tinggi tidak menjamin daya serapnya terhadap logam Cu semakin besar. Hal ini disebabkan karena mekanisme adsorpsi karbon aktif terhadap iodin berbeda dengan mekanisme adsorpsi terhadap ion logam (Sianipar, Zaharah dan Syahbanu, 2016).

Pada Gambar 5 tampak bahwa kecenderungan daya serap karbon aktif terhadap logam Zn dipengaruhi oleh konsentrasi awal Zn dalam larutan. Pada konsentrasi awal 49,15 ppm, semakin tinggi bilangan iodin menunjukkan daya serap yang semakin besar antara 44,12-78,07%. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 66,67 ppm terdapat kecenderungan yang berbeda. Semakin tinggi bilangan iodin menunjukkan daya serap yang menurun antara 88,12 hingga 73,66%. Hal ini kemungkinan pada konsentrasi Zn yang rendah, mekanisme penyerapan ion logam sama dengan mekanisme penyerapan bilangan iodin, namun tidak demikian halnya mekanisme penyerapan logam pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan adsorpsi Zn tidak bergantung pada luas permukaan tapi bergantung pada konsentrasi larutan (Indrasti, Subroto dan Gunawan, 2005).

Sifat Adsorpsi Berdasarkan Kurva Isotermal Langmuir dan Freundlich

Langmuir berpendapat bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan yang homogen. Persamaan Langmuir : (Atkins dan Paula, 2010)

$$\frac{x}{m} = \frac{abc}{1+ac}$$

keterangan:

- x = jumlah material yang terserap (mg).
- m = berat adsorben/karbon aktif (g).
- C = konsentrasi material yang tetap dalam larutan (tidak terserap) setelah proses adsorpsi terjadi (mg/L).

Kurva Isotermal Langmuir diperoleh dengan membuat grafik antara x/m versus 1/C. Persamaan Freundlich (Atkins dan de Paula, 2010):

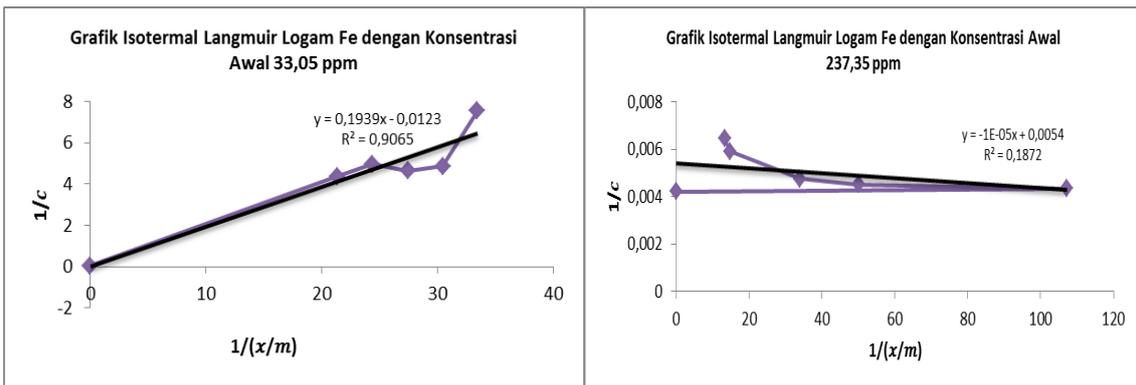
$$\frac{x}{m} = KC^{\frac{1}{n}}$$

keterangan:

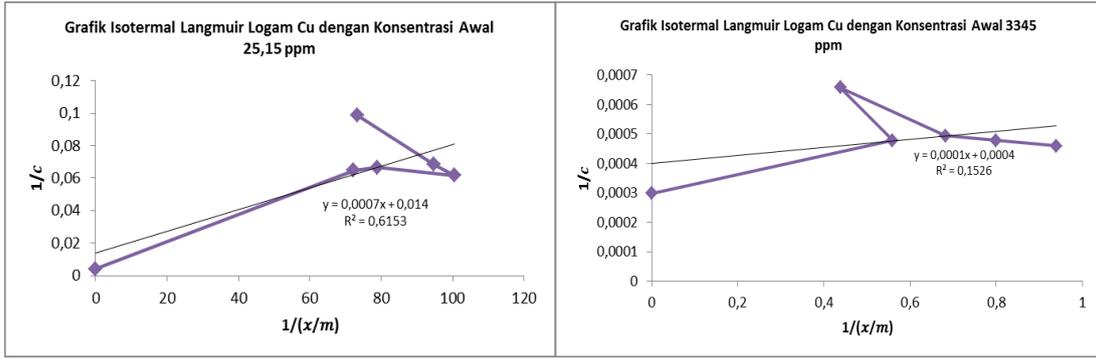
- x = jumlah material yang terserap (mg)
- m = berat adsorben/ karbon aktif (g)
- C = konsentrasi material yang tetap ada dalam larutan (tidak terserap) setelah proses adsorpsi (mg/l).

K dan n adalah konstanta yang berbeda untuk setiap larutan dan suhu. Kurva Isotermal Freundlich diperoleh dengan membuat grafik antara log (x/m) versus log C.

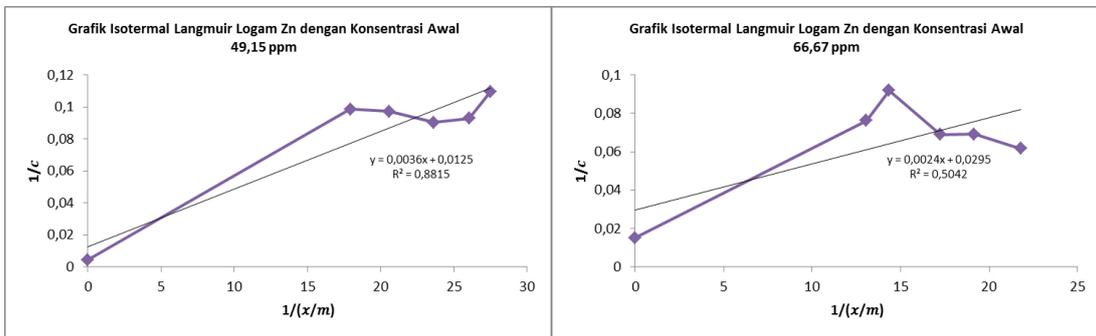
Gambar 6, 7 dan 8 menunjukkan bahwa adsorpsi untuk ketiga logam Fe, Cu dan Zn pada konsentrasi awal rendah maupun tinggi tidak mengikuti Isotermal Langmuir karena nilai korelasi linier R² sangat rendah, yaitu 0,1526 - 0,9065. Sedangkan Gambar 9,10 dan 11 menunjukkan bahwa adsorpsi ketiga logam Fe, Cu dan Zn pada konsentrasi awal rendah mengikuti Isotermal Freundlich dengan nilai korelasi linier R² mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi antara ion logam dengan karbon aktif cenderung bersifat fisisorpsi. Selain itu, pori-pori yang terbentuk pada karbon aktif bersifat heterogen sehingga ion logam yang teradsorpsi pada permukaan arang aktif membentuk lapisan multilayer (Aditya, Yusnimar dan Zultiniar, 2016). Pada konsentrasi awal ion logam tinggi tidak mengikuti isotermal Freundlich, oleh karena itu untuk menentukan besarnya kapasitas adsorpsi dan energi yang dilepaskan ketika terjadi adsorpsi dapat menggunakan Persamaan Freundlich pada konsentrasi awal logam yang cukup rendah. Tabel 3 menunjukkan sifat adsorpsi berdasarkan isotermal Freundlich untuk masing-masing logam Fe, Cu dan Zn.



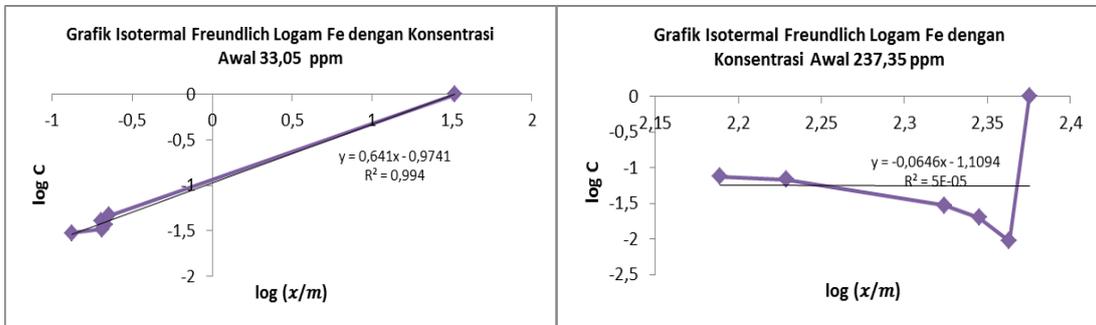
Gambar 6. Kurva Isotermal Langmuir untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal berbeda



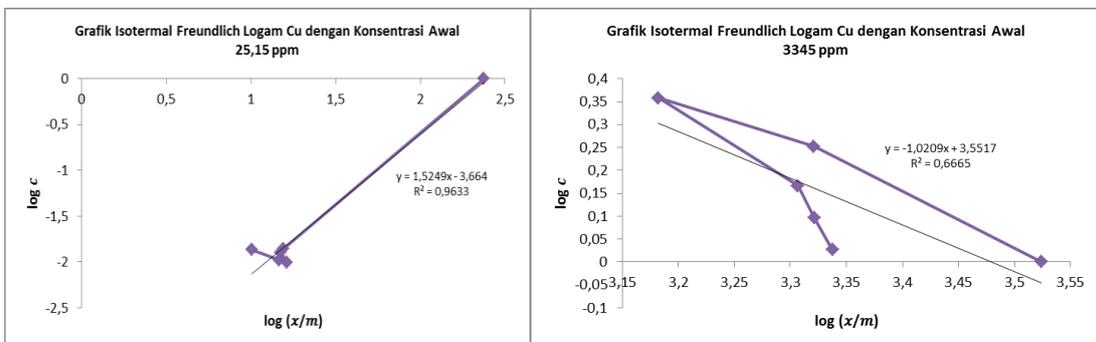
Gambar 7. Kurva Isothermal Langmuir untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal berbeda



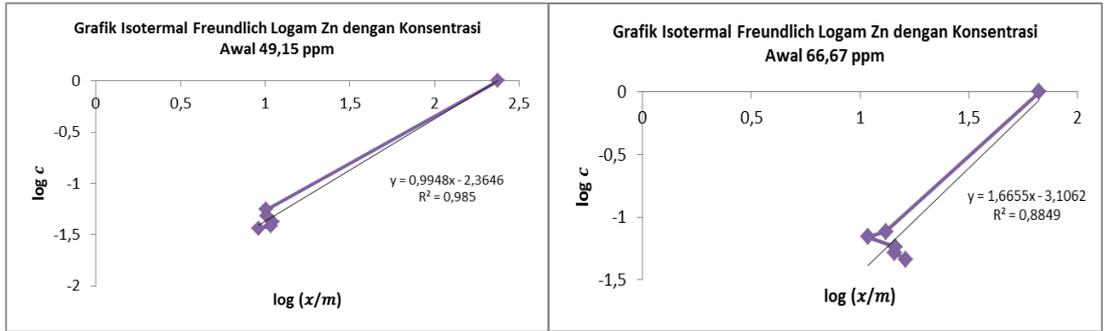
Gambar 8. Kurva Isothermal Langmuir untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal berbeda



Gambar 9. Kurva Isothermal Freundlich untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal berbeda



Gambar 10. Kurva Isothermal Freundlich untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal berbeda



Gambar 11. Kurva Isotermal Freundlich untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal berbeda

Tabel 3. Sifat adsorpsi berdasarkan isotermal Freundlich

Serapan Logam	Nilai R ²	Energi Adsorpsi	Kapasitas Adsorpsi
Fe (C awal 33,05 ppm)	0,994	28,388 KJ/mol	21,2 mg/g
Cu (C awal 25,15 ppm)	0,963	26,532 KJ/mol	0,0043 mg/g
Zn (C awal 49,15 ppm)	0,985	27,641 KJ/mol	0,086 mg/g

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Karbon aktif dapat dibuat dengan bahan baku batubara peringkat rendah dari Bangko-PT. Tambang Batubara Bukit Asam unit penambangan Tanjung Enim dengan metode aktivasi kimia menggunakan ZnCl₂ berkualitas teknis.
- Pada pembuatan karbon aktif dengan variasi ukuran butir dan komposisi batubara- ZnCl₂, ukuran butir batubara yang memberikan bilangan iodin tertinggi adalah pada ukuran butir 60 mesh dengan komposisi 60% batubara-40% ZnCl₂dengan bilangan iodin 1298 mg/g.
- Semakin kecil ukuran butir batubara maka perolehan karbon aktif semakin kecil, kecuali terdapat penyimpangan pada ukuran butir 40 mesh. Pada ukuran terkecil, yaitu 100 mesh perolehan karbon aktif hanya sekitar 38% dari berat bahan baku campuran batubara-ZnCl₂.
- Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap logam Fe menunjukkan bahwa pada konsentrasi awal Fe yang rendah, serapan karbon aktif lebih tinggi dibandingkan pada konsentrasi awal Fe yang tinggi.
- Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap logam Cu menunjukkan bahwa pada

konsentrasi awal Cu yang rendah, semakin tinggi bilangan lodin maka semakin tinggi pula serapan logam Cu. Namun pada konsentrasi awal Cu yang tinggi, semakin tinggi bilangan lodin maka serapan logam Cu justru semakin menurun.

- Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap logam Zn menunjukkan bahwa pada konsentrasi awal Zn yang rendah, semakin tinggi bilangan lodin maka semakin besar serapan karbon aktif. Sedangkan pada konsentrasi awal Zn yang tinggi, semakin tinggi bilangan iodin justru serapan karbon aktif menurun.
- Besarnya bilangan iodin pada karbon aktif tidak selalu menjamin tingginya daya serap karbon aktif terhadap logam, melainkan bergantung pada jenis logam dan juga pada konsentrasi awal logam tersebut.
- Berdasarkan Isotermal Freundlich, diperoleh untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal 33,05 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 21,2 mg/g dengan energi adsorpsi 28,388 KJ/mol. Untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal 25,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,0043 mg/g dengan energi adsorpsi 26,532 KJ/mol. Sedangkan untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal 49,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,086 mg/g dengan energi adsorpsi 27,642 KJ/mol.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji daya serap karbon aktif hasil penelitian terhadap logam-logam berat yang lain seperti Mn, Cr, Co, Pb dan Ni agar dapat diketahui potensi pemanfaatan karbon aktif sebagai adsorben logam berat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak terkait seperti Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 003/SP2H/LT/DRPMIII/2016 dan 214/SP2H/LT/DRPM/III/2016 yang telah membiayai penelitian ini, serta kepada PT Bukit Asam Batubara Unit penambangan Tanjung Enim yang telah memfasilitasi saat pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, K., Yusnimar and Zultiniar (2016) "Penentuan model isotherm adsorpsi ion Cu(II) pada karbon aktif tempurung kelapa," *JOM FTEKNIK*, 3(2), pp. 1–6. Available at: <http://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/11457>.
- Alfiany, H., Bahri, S. and Nurakhiwati (2013) "Kajian penggunaan arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben logam Pb dengan beberapa aktivator asam," *Jurnal Natural Science*, 2(3), pp. 75–86. Available at: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/ejurnalnalfmpa/article/view/1869>.
- Anggarini, D., Tjahjanto, R. T. and Darjito (2013) "Studi aktivasi arang dari tempurung kelapa dengan pengozonan," *Kimia Student Journal*, 2(1), pp. 400–406. Available at: <http://kimia.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jikub/article/view/305>.
- Anjoko, H., Dewi, R. and Malik, U. (2014) "Karakterisasi semi kokas dan analisa bilangan iodin pada pembuatan karbon aktif tanah gambut menggunakan aktivasi H₂O," *JOM FMIPA*, 1(2), pp. 63–69. Available at: <http://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFMIPA/article/view/3997>.
- Atkins, P. and de Paula, J. (2010) *Physical chemistry*. 9th Ed. New York: W. H. Freeman and Company.
- Ibrahim, Martin, A. and Nasruddin (2015) "Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit dengan metode aktivasi fisika menggunakan rotary autoclave," *JOM FTEKNIK*, 1(2), pp. 1–11. Available at: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/4108>.
- Indrasti, N. S., Subroto, M. A. and Gunawan, G. G. (2005) "Adsorpsi logam berat seng (Zn) dengan menggunakan akar rambut Solanum nigrum L galur A4 kering terimobilisasi dalam Na-alginat," *Jurnal Teknik Industri Pertambangan*, 15(1), pp. 1–9. Available at: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/4300>.
- Karimah, M. and Sudibandriyo, M. (2013) *Pembuatan karbon aktif berbahan baku ampas tebu dengan aktivasi termal menggunakan karbon dioksida (CO₂) dengan variasi laju alir dan temperatur aktivasi*. Universitas Indonesia. Available at: <http://lib.ui.ac.id/naskahringkas/2015-09/S-Mahfuzhoh Karimah>.
- Kusmiyati, Lystanto, P. A. and Pratiwi, K. (2012) "Pemanfaatan karbon aktif arang batubara (KAAB) untuk menurunkan kadar ion logam berat Cu²⁺ dan Ag⁺ pada limbah cair industri," *REAKTOR*, 14(1), pp. 51–60. doi: 10.14710/reaktor.14.1.51-60.
- Miller, K. (2013) "Coal analysis," in *The Coal Handbook: Towards Cleaner Production*. Elsevier, pp. 151–189. doi: 10.1533/9780857097309.1.151.
- Monika, I. (2016) "Potential study of Indonesia coal for adsorbed natural gas," *Indonesian Mining Journal*, 19(3), pp. 133–142. doi: 10.30556/imj.Vol19.No3.2016.406.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M. and Putri, E. M. M. (2013) "Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai adsorben untuk mengurai kadar fenol dalam air limbah," *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1), p. F-116-F-120. doi: 10.12962/j23373539.v2i1.2437.
- Payung, Y. H., Sitorus, S. and Alimuddin (2014) "Pemanfaatan karbon aktif dari batubara kotor (dirty coal) sebagai adsorben ion logam Cd dan Pb dalam larutan," *Jurnal Kimia Mulawarman*, 11(2), pp. 94–96. Available at:

- <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM/article/view/28>.
- Rijali, A., Malik, U. and Zulkarnain (2015) "Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari bambu betung dengan menggunakan activating agent H₂O," *JOM FMIPA*, 2(1), pp. 102–107. Available at: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFMIPA/article/view/4513/0>.
- Sianipar, L. D., Zaharah, T. A. and Syahbanu, I. (2016) "Adsorpsi Fe(II) dengan arang kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) teraktivasi asam klorida," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(2), pp. 50–59. Available at: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/14899>.
- Speight, J. G. (2005) *Handbook of coal analysis*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1002/0471718513.
- Sulistyah and Astuti, A. D. (2008) *Pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara peringkat rendah dari PT. Arutmin dan aplikasinya sebagai adsorben logam dalam pengolahan limbah cair*. Jakarta.
- Sulistyah and Astuti, A. D. (2014) "Pemanfaatan batubara peringkat rendah sebagai bahan baku karbon aktif dengan aktivator ZnCl₂," *Mindagi*, 8(2), pp. 75–81. Available at: <http://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/mindagi/article/view/1919>.
- Talunoe, O., Nurhaeni, N. and Mirzan, M. (2015) "Pemanfaatan arang aktif kulit kacang tanah sebagai adsorben besi (Fe) pada air sumur di Desa Pendolo, Kec. Pamona Selatan, Kab. Poso," *KOVALEN*, 1(1), pp. 7–12. doi: 10.22487/j24775398.2015.v1.i1.5096.

PENGARUH UKURAN BUTIR BATUBARA DAN KOMPOSISI BATUBARA-ZnCl₂ PADA DAYA SERAP KARBON AKTIF TERHADAP LOGAM Fe, Cu DAN Zn DALAM LIMBAH CAIR

by edy jamal tuheteru

Submission date: 22-Aug-2025 06:44AM (UTC+0700)

Submission ID: 2733088388

File name: PENGARUH_UKURAN_BUTIR_BATUBARA_DAN_KOMPOSISI_BATUBARA-ZnCl₂.pdf (676.1K)

Word count: 4948

Character count: 27978

PENGARUH UKURAN BUTIR BATUBARA DAN KOMPOSISI BATUBARA-ZnCl₂ PADA DAYA SERAP KARBON AKTIF TERHADAP LOGAM Fe, Cu DAN Zn DALAM LIMBAH CAIR

The Influence of Grain Size of Coal and Composition of Coal-ZnCl₂ on Activated Carbon Adsorption Against Fe, Cu and Zn Metals in Wastewater

SULIESTYAH, EDY J. TUHETERU dan PANCANITA N. HARTAMI

Teknik Pertambangan, ¹³Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi
Universitas Trisakti
Gedung D, Lt 2, Jalan Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta 11440
e-mail: suliestyah@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Percobaan pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara dengan variasi ukuran butir 10, 20, 40, 60, 80, dan 100 mesh telah dilakukan. Aktivasi kimia menggunakan ZnCl₂ dengan komposisi 70% batubara - 30% ZnCl₂ dan 60% batubara - 40% ZnCl₂ dengan karbonisasi pada temperatur 500°C selama 1 jam. Contoh batubara diambil dari PT. Tambang Batubara Bukit Asam unit Penambangan Tanjung Enim Sumatera Selatan, lokasi penambangan Bangko. Pembuatan karbon aktif bertujuan untuk mempelajari potensi aplikasinya sebagai adsorben logam pada limbah cair. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bilangan iodin tertinggi adalah 1298 mg/g pada produk karbon aktif yang dibuat dengan komposisi 60% batubara - 40% ZnCl₂ dengan ukuran butir batubara 60 mesh. Uji daya serap karbon aktif terhadap logam Fe pada limbah cair dengan konsentrasi awal 33,05 ppm menunjukkan serapan hingga 99%. Pada konsentrasi awal Cu 25,15 ppm, daya serap logam Cu hingga 50,89% sedangkan pada konsentrasi awal Zn 49,15 ppm menunjukkan serapan hingga 78,07%. Besarnya bilangan iodin pada karbon aktif tidak menjamin tingginya daya serap karbon aktif terhadap logam, melainkan bergantung pada jenis logam dan konsentrasi awal logam tersebut. Untuk logam Cu, semakin tinggi bilangan iodin semakin tinggi pula daya serap karbon aktif. Secara umum serapan logam Fe, Cu dan Zn oleh karbon aktif produk penelitian ini mengikuti persamaan Isotermal Freundlich dalam proses isotermal. Berdasarkan Isotermal Freundlich, untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal 33,05 ppm diperoleh kapasitas adsorpsi 21,2 mg/g dengan energi adsorpsi 28,388 KJ/mol. Untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal 25,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,0043 mg/g dengan energi adsorpsi 26,532 KJ/mol dan untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal 49,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,086 mg/g dengan energi adsorpsi 27,642 KJ/mol.

Kata kunci: Karbon aktif, aktivasi kimia, karbonisasi, adsorpsi logam, Isotermal Freundlich.

ABSTRACT

The experiment of coal-based activated carbon with the variation of grain size of 10, 20, 40, 60, 80 and 100 mesh has been conducted. The chemical activation using ZnCl₂ with composition of coal-ZnCl₂ of 70% 30% and 60% - 40% were carbonized at temperature of 500°C for 1 hour. Coal sample was taken from PT. Tambang Batubara Bukit Asam, Bangko coal mine, Tanjung Enim South Sumatera. The study of activated carbon production is aimed to know the potential application of activated carbon as metal adsorbent in wastewater. The observation showed that the highest iodine number is 1298 mg/g on activated carbon product that was made at

coal-ZnCl₂ composition of 60% and 40% respectively with the coal grain size of 60 mesh. Activated carbon adsorption test against Fe metal in wastewater at the initial concentration of 33.05 ppm, the absorption was 99%. Cu in the initial concentration of 25.15 ppm, the absorption was 50,89%, while the absorption of Zn at the initial concentration of 49.15 ppm was 78,07%. The high iodine number of activated carbon, did not show the high adsorption capacity of the metals, but rather depends on the type and the initial concentration of the metals. For Cu metal, the higher the iodine number, the higher the adsorption. In general, the absorption of Fe, Cu and Zn metals by activated carbon made in this research follows the Isothermal Freundlich equation of isothermal process. Based on the Isothermal Freundlich, for metal adsorption of Fe at the initial concentration of 33.05 ppm has adsorption capacity of 21.2 mg/g with adsorption energy of 28.388 KJ/mol. For the adsorption of Cu at the initial concentration of 25.15 ppm has adsorption capacity of 0.0043 mg/g and adsorption energy 26.532 KJ/mol and for Zn metal adsorption at the initial concentration of 49.15 ppm has adsorption capacity of 0.086 mg/g and adsorption energy 27.642 KJ/mol.

Keywords: Activated carbon, chemical activation, carbonization, metal adsorption, Isothermal Freundlich.

PENDAHULUAN

Pembuatan karbon aktif dari batubara diharapkan dapat menghasilkan produk karbon aktif yang berkualitas baik untuk mengurangi penggunaan bahan baku yang jumlahnya terbatas, seperti pembuatan karbon aktif dengan bahan baku tempurung kelapa (Anggarini, Tjahjanto dan Darjito, 2013), tongkol jagung (Alfiyany, Bahri dan Nurakhirawati, 2013), cangkang sawit (Ibrahim, Martin dan Nasruddin, 2015), dan ampas tebu (Karimah dan Sudibandriyo, 2013). Beberapa percobaan pembuatan karbon aktif dengan bahan baku batubara peringkat rendah telah dilakukan serta aplikasinya sebagai adsorben logam berat (Kusmiyati, Lystanto dan Pratiwi, 2012; Payung, Sitorus dan Alimuddin, 2014). Batubara dari PT. Tambang Batubara Bukit Asam unit penambangan Tanjung Enim jenis subbituminus juga telah digunakan dalam percobaan pembuatan karbon aktif yang menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 493 mg/g (Payung, Sitorus dan Alimuddin, 2014). Batubara yang berasal dari Kabupaten Kampar-Riau juga telah digunakan dalam pembuatan karbon aktif yang menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 686 mg/g (Anjoko, Dewi dan Malik, 2014).

Pengembangan metode pembuatan karbon aktif batubara telah dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (tekMIRA) melalui proses karbonisasi dan aktivasi fisika menggunakan uap air. Percobaan pada skala laboratorium menggunakan batubara lignit dilakukan melalui proses karbonisasi pada suhu 500-600°C selama 30-90 menit, dilanjutkan dengan aktivasi fisika pada suhu

60-120 menit. Proses ini menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 435-552 mg/g. Puslitbang tekMIRA juga telah melakukan uji coba skala pilot dengan sistem proses yang berlangsung secara kontinu dengan ukuran butir batubara 1-3 cm pada laju umpan 100 kg/jam. Karbonisasi berlangsung pada suhu 500-600°C dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan uap air pada suhu 900°C selama 5 jam. Produk karbon aktif pada proses ini mempunyai bilangan iodin 200-688°C (Monika, 2016).

Pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara peringkat rendah dengan aktivasi menggunakan campuran KOH-NaOH menghasilkan bilangan iodin 1004-1198 mg/g (Monika, 2016), sedangkan pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara bituminus dengan aktivator H₃PO₄ dan NH₄HCO₃ menghasilkan karbon aktif dengan bilangan iodin 1238,5 mg/g. Pembuatan karbon aktif dari batubara dengan aktivator ZnCl₂ memberikan bilangan (Sulistyah dan Astuti, 2014) dengan komposisi ZnCl₂ 40% dan ukuran butir batubara 100 mesh. Uji daya serap karbon aktif hasil penelitian tersebut terhadap logam Fe dan Cu pada konsentrasi awal 50 ppm menunjukkan adanya serapan sekitar 40-50%, namun pada konsentrasi awal yang lebih tinggi hingga 350 ppm menunjukkan serapan yang semakin menurun hingga 10-20%.

Dalam penelitian ini dibuat pengembangan metode pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara peringkat rendah melalui aktivasi kimia dan karbonisasi. Aktivasi kimia menggunakan ZnCl₂ sebanyak 30% dan 40% pada variasi ukuran butir 20-80 mesh. Produk karbon aktif hasil penelitian ini selanjutnya

diuji coba untuk penyerapan logam Fe, Cu dan Zn dalam limbah cair.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya serap karbon aktif yang dibuat dengan menggunakan aktivator ZnCl₂. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh ukuran butir batubara dan komposisi batubara - ZnCl₂ terhadap bilangan iodin karbon aktif dan terhadap daya serap karbon aktif pada logam Fe, Cu dan Zn dalam limbah cair. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat adsorpsi logam berdasarkan kurva isoterm Langmuir dan Freundlich.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan tingkat eksplanasi komparatif, yaitu membandingkan perolehan dan bilangan iodin pada karbon aktif yang dihasilkan serta daya serapnya terhadap logam berdasarkan variasi ukuran butiran batubara dan variasi komposisi batubara-ZnCl₂. Dalam penelitian ini digunakan aktivator ZnCl₂ kualitas teknis dengan pertimbangan ekonomi, untuk mengatasi tingginya biaya pada penelitian terdahulu yang menggunakan aktivator ZnCl₂ yang berkualitas *pro analysis* (Suliestyah dan Astuti, 2014).

Percontoh yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PTBA Penambangan Bangko Barat Pit 1 Lapisan A2. Preparasi percontoh untuk pengecilan ukuran dilakukan menggunakan jaw crusher lalu dikeringkan menggunakan oven bersuhu 35°C selama 1 hari. Untuk reduksi ukuran selanjutnya menggunakan alat *hammer mill*, *dust mill*, dan *rocklabs*, lalu diayak menggunakan ayakan sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan yaitu ukuran 10, 20, 40, 60, 80 dan 100 mesh.

Karakterisasi Bahan Baku Batubara

Karakterisasi batubara dilakukan melalui analisis proksimat dan pengukuran nilai kalor, untuk menentukan kualitas batubara yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini. Penentuan kualitas sampel batubara dilakukan di Laboratorium Batubara Puslitbang tekMIRA dengan menggunakan metode yang berbeda-beda untuk setiap parameter analisis. Untuk analisis kadar air

menggunakan metode ASTM D 3173, kadar abu ASTM D 3174, zat terbang ASTM D 3175, *fixed carbon* ASTM D 3172, total sulfur ASTM D 4239, dan nilai kalor ASTM D 5865.

Pembuatan Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia

Pada pembuatan karbon aktif, aktivasi kimia dilakukan menggunakan ZnCl₂ kualitas teknis. Pada tahap ini hasil preparasi percontoh batubara yang berukuran 10, 20, 40, 60, 80 dan 100 mesh dicampurkan dengan ZnCl₂ dengan 2 variasi komposisi untuk setiap ukuran batubara yaitu 70% batubara dan 30% ZnCl₂ dan 60% batubara dan 40% ZnCl₂. Sejumlah ZnCl₂ teknis sesuai berat yang dikehendaki dimasukkan ke dalam *beaker glass* 300 ml, lalu dilarutkan dengan 150-200 ml aquades. Ke dalam *beaker glass* tersebut ditambahkan batubara sesuai berat yang dikehendaki, dan g-angan ukuran butir yang dikehendaki, lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit, dituangkan ke dalam pan untuk dipanaskan pada suhu 80°C selama 3 jam, kemudian suhu dinaikkan menjadi 105°C untuk pengeringan. Proses ini disebut sebagai aktivasi kimia dengan menggunakan ZnCl₂ teknis sebagai aktivator. Campuran tersebut selanjutnya dikeringkan sampai bobot tetap, lalu dimasukkan ke dalam reaktor karbonisasi untuk dikarbonisasi pada suhu 500°C selama 1 jam. Selama karbonisasi berlangsung, ke dalam reaktor dialiri gas nitrogen dari mulai pemanasan sampai pendinginan. Bobot campuran sebelum dan sesudah karbonisasi dicatat untuk menghitung perolehan (*yield*).

Analisis Bilangan Iodin (SNI 0258 – 89)

Produk karbon aktif sebanyak 1 gr dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, dibubuhi HCl 5%, dipanaskan sampai mendidih selama 30 detik, lalu didinginkan secara alami sampai suhu kamar. Selanjutnya dimasukkan 100 ml larutan iodin 0,1 N dengan pipet volume ke dalam erlenmeyer tersebut, lalu dikocok 1 menit dan disaring dengan kertas saring whatman No.42. Kemudian filtrat dipipet dengan pipet volume 25 mL di dalam labu erlenmeyer yang lain, ditetesi 2 – 3 tetes larutan kanji sebagai indikator lalu dititrasi dengan larutan natrium tio sulfat 0,1 N sampai warna kuning. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang. Titik

akhir titrasi adalah: satu tetes natrium tio sultat berlebih, warna biru hilang. Pengukuran bilangan lodin ini dilakukan terhadap setiap komposisi batubara-ZnCl₂ teknis pada setiap jenis ukuran butir batubara.

Pengujian Adsorpsi Terhadap Logam

1. Limbah cair yang mengandung logam Fe, Cu dan Zn diambil dari limbah Laboratorium Kimia di Kampus Universitas Trisakti Jakarta dengan 2 macam konsentrasi awal. Besarnya konsentrasi awal pada 2 macam limbah tersebut diukur dengan metoda AAS sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi awal limbah cair laboratorium

Logam	Konsentrasi awal (ppm)	
	Limbah Lab. Kimia	Limbah Lab. Lingkungan
Fe	33,05	237,35
Zn	66,67	49,15
Cu	3345	25,15

2. Percontoh limbah cair yang mengandung logam berat Fe, Cu dan Zn dipipet sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL.
3. Karbon aktif batubara yang diinginkan ditimbang, lalu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi limbah cair yang mengandung logam-logam di atas.
4. Labu erlenmeyer yang telah berisi karbon aktif dan limbah cair diletakkan di atas shaker dengan kecepatan 150 rpm dan disesuaikan dengan waktu kontak yang diinginkan.
5. Larutan kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama 10 menit, lalu dianalisis kembali dengan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas percontoh batubara yang diuji meliputi analisis proksimat dan nilai kalor dengan data sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Setelah nilai kalor dikonversi ke dalam basis mmmf (Btu/lb), maka berdasarkan klasifikasi

menurut ASTM D388 dapat disimpulkan bahwa batubara dari Bangko - PT. Tambang Batubara Bukit Asam unit Penambangan Tanjung Enim yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini berada pada peringkat Subbituminus A (Speight, 2005; Miller, 2013).

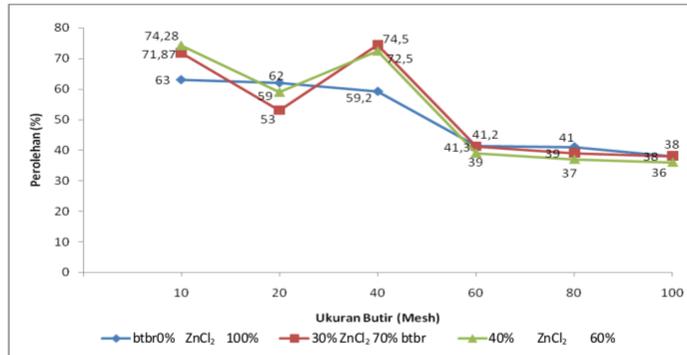
Dalam percobaan ini dibuat dua variasi komposisi prosentase batubara dan prosentase ZnCl₂ teknis (70% batubara-30% ZnCl₂ dan 60% batubara 40% ZnCl₂) dan 6 variasi ukuran butir batubara (10, 20, 40, 60, 80 dan 100 mesh) sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Blanko adalah bahan baku 100 % batubara tanpa aktivator ZnCl₂.

Produk karbon aktif yang dihasilkan memberikan perolehan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 tampak bahwa antara ukuran butir 10-20 mesh mengalami penurunan perolehan, lalu mengalami kenaikan pada ukuran butir 40 mesh dan kembali mengalami penurunan hingga ukuran butir 100 mesh. Kecenderungan penurunan dan kenaikan perolehan terjadi pada ukuran butir yang sama pada kedua variasi komposisi, baik pada komposisi 70% batubara-30% ZnCl₂ maupun pada 60% batubara-40% ZnCl₂. Pada kedua variasi komposisi tersebut tampak perolehan terbesar pada ukuran butir 40 mesh (dengan perolehan sekitar 72-74%). Pada batubara blanko, perolehan cenderung mengalami penurunan dari batubara berukuran 10 mesh hingga 100 mesh. Dalam fenomena ini terjadi penyimpangan pada batubara ukuran 40 mesh, kemungkinan pada percontoh ini terjadi peningkatan pembentukan mikropori, lalu berkurang lagi pada ukuran 60 mesh hingga 100 mesh. Hal ini berkaitan dengan kenaikan yield pada peningkatan pembentukan mikropori dan penurunan yield pada peningkatan massa yang hilang (Rijali, 2015). Dalam penelitian sebelumnya, pada ukuran butir batubara yang sama (40 mesh) dan komposisi karbon aktif yang sama (70% batubara - 30% ZnCl₂) menghasilkan perolehan lebih kecil (42%) disebabkan bahan baku yang digunakan berbeda yaitu batubara Arutmin dengan peringkat Lignit (Sulistyah dan Astuti, 2008).

Tabel 2. Hasil analisis kualitas batubara (dalam *air dried basis*, adb)

Kadar Air Lembab (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Karbon Terikat (%)	Nilai Kalor (Kal/g)	Kadar Sulfur (%)
11,7	0,78	35,47	52,05	5619	0,24

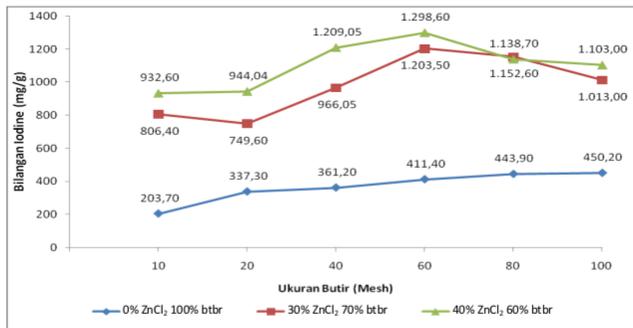


Gambar 1. Hubungan antara ukuran butir batubara dengan perolehan pada beberapa komposisi batubara-ZnCl₂

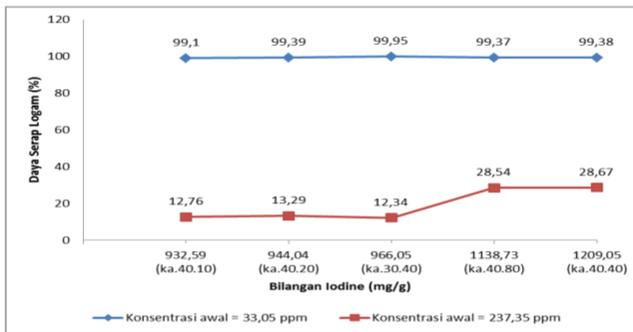
Gambar 2 menunjukkan kecenderungan bilangan iodin pada ukuran butir yang bervariasi pada komposisi 70% batubara-30% ZnCl₂ maupun 60% batubara-40% ZnCl₂. Bilangan iodin merupakan parameter yang biasa dipakai untuk mengukur daya serap batubara yang dinyatakan dalam satuan mg/g batubara. Pada batubara yang masih asli (belum disintesis menjadi karbon aktif), pada semua ukuran butir batubara, besarnya bilangan iodin lebih kecil dibandingkan dengan batubara yang telah mengalami aktivasi dan karbonisasi menjadi karbon aktif (Pambayun *dkk.*, 2013). Setelah batubara disintesis menjadi karbon aktif, bilangan iodin pada kedua variasi komposisi dan variasi ukuran butir menunjukkan kecenderungan yang serupa. Pada kedua variasi komposisi, bilangan iodin tertinggi terdapat pada ukuran butir 60 mesh. Pada komposisi 70% batubara-30% ZnCl₂ bilangan Iodin tertinggi 1203,5 mg/g, dan pada komposisi 60% batubara-40% ZnCl₂ bilangan Iodin tertinggi 1298,6 mg/g. Pada ukuran butir yang lebih halus dari 60 mesh justru bilangan iodin mulai menurun.

Hal ini disebabkan karena pada ukuran butir yang lebih kecil dari 60 mesh pengaruh impregnasi ZnCl₂ mulai menunjukkan pembentukan mesopori dan pembentukan mikropori mulai berkurang. Sedangkan Mekanisme adsorpsi iodin adalah pengisian molekul pada mikropori karbon aktif sehingga bilangan iodin mulai menurun. (Rijali, Malik dan Zulkarnain, 2015).

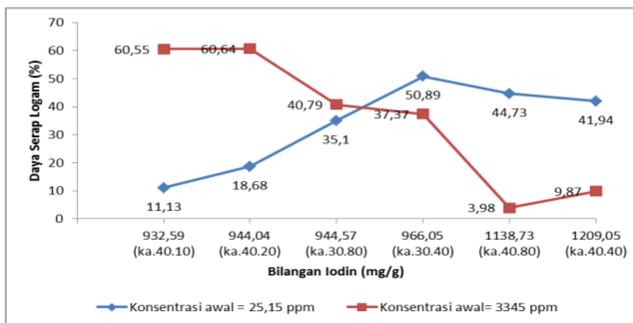
Pengujian daya serap karbon aktif terhadap logam dilakukan menggunakan karbon aktif dengan kode Ka.40.10 (karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 10 mesh), Ka.40.20(karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 20 mesh), (Ka.30.40 karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 30%, ukuran butir 40 mesh), Ka.40.80 (karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 80 mesh), dan Ka.40.40 (karbon aktif dengan komposisi ZnCl₂ 40%, ukuran butir 40 mesh). Hasil pengujian di laboratorium memberikan tingkat daya serap karbon aktif terhadap logam Fe, Cu dan Zn seperti terlihat pada Gambar 3, 4, dan 5.



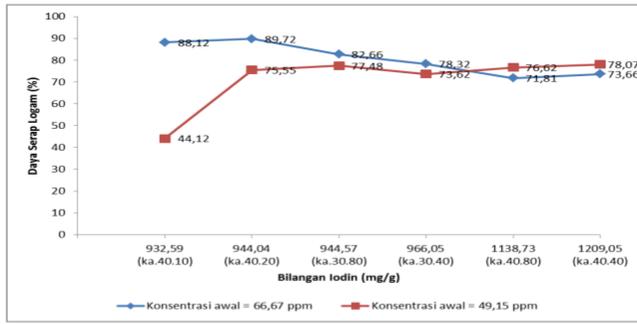
Gambar 2. Hubungan antara ukuran butir batubara dengan bilangan Iodine pada beberapa komposisi batubara-ZnCl₂



Gambar 3. Hubungan antara bilangan Iodin dengan daya serap logam Fe



Gambar 4. Hubungan antara bilangan Iodin dengan daya serap logam Cu



Gambar 5. Hubungan antara bilangan lodin dengan daya serap logam Zn

Pada Gambar 3 tampak bahwa kecenderungan daya serap karbon aktif terhadap logam Fe dipengaruhi oleh konsentrasi awal Fe dalam larutan. Pada konsentrasi awal 33,05 ppm, semakin tinggi bilangan lodin menunjukkan daya serap yang hampir sama sekitar 99%. Artinya serapan karbon aktif terhadap logam Fe tidak dipengaruhi secara signifikan oleh bilangan lodin. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 237,35 ppm terdapat kecenderungan yang berbeda. Pada bilangan lodin antara 932-966 mg/g serapan karbon aktif terhadap logam Fe tidak berubah sekitar 12-13%, sedangkan pada bilangan lodin antara 966-1209 mg/g serapan karbon aktif terhadap logam Fe mengalami peningkatan dari 12,34% hingga 28,67%. Secara umum, serapan karbon aktif terhadap logam Fe lebih besar dengan konsentrasi awal yang rendah dibandingkan dengan serapan karbon aktif terhadap logam Fe dengan konsentrasi awal yang tinggi. Hal ini disebabkan karena mekanisme adsorpsi ion logam pada karbon aktif didominasi oleh interaksi dengan gugus fungsi oksigen pada permukaan karbon sehingga terjadi pertukaran ion (Talunoe, Nurhaeni dan Mirzan, 2015). Pada konsentrasi awal yang rendah, hampir semua ion dapat teradsorpsi melalui mekanisme tersebut, namun tidak demikian halnya pada konsentrasi awal yang tinggi.

Pada Gambar 4 tampak bahwa kecenderungan daya serap karbon aktif terhadap logam Cu dipengaruhi oleh konsentrasi awal Cu dalam larutan. Pada konsentrasi awal 25,15 ppm, semakin tinggi bilangan lodin menunjukkan

daya serap logam Cu meningkat hingga sekitar 40-50%. Sedangkan pada konsentrasi awal yang lebih tinggi yaitu 3345 ppm terdapat kecenderungan yang berbeda, yaitu pada bilangan lodin yang semakin tinggi maka serapan logam Cu justru semakin menurun, serapan semula 60,55% turun hingga 9,87%. Dalam serapan karbon aktif terhadap logam Cu, karbon aktif dengan bilangan lodin yang semakin tinggi tidak menjamin daya serapnya terhadap logam Cu semakin besar. Hal ini disebabkan karena mekanisme adsorpsi karbon aktif terhadap iodin berbeda dengan mekanisme adsorpsi terhadap ion logam (Sianipar, Zaharah dan Syahbanu, 2016).

Pada Gambar 5 tampak bahwa kecenderungan daya serap karbon aktif terhadap logam Zn dipengaruhi oleh konsentrasi awal Zn dalam larutan. Pada konsentrasi awal 49,15 ppm, semakin tinggi bilangan lodin menunjukkan daya serap yang semakin besar antara 44,12-78,07%. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 66,67 ppm terdapat kecenderungan yang berbeda. Semakin tinggi bilangan lodin menunjukkan daya serap yang menurun antara 88,12 hingga 73,66%. Hal ini kemungkinan pada konsentrasi Zn yang rendah, mekanisme penyerapan ion logam sama dengan mekanisme penyerapan bilangan lodin, namun tidak demikian halnya mekanisme penyerapan logam pada konsentrasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan adsorpsi Zn tidak bergantung pada luas permukaan tapi bergantung pada konsentrasi larutan (Indrasti, Subroto dan Gunawan, 2005).

Sifat Adsorpsi Berdasarkan Kurva Isotermal Langmuir dan Freundlich

Langmuir berpendapat bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan yang homogen. Persamaan Langmuir : (Atkins dan Paula, 2010)

$$\frac{x}{m} = \frac{abc}{1+ac}$$

5 keterangan:

- x** = jumlah material yang terserap (mg).
- m** = berat adsorben/karbon aktif (g).
- C** = konsentrasi material yang tetap dalam larutan (tidak terserap) setelah proses adsorpsi terjadi (mg/L).

Kurva Isotermal Langmuir diperoleh dengan membuat grafik antara x/m versus $1/C$. Persamaan Freundlich (Atkins dan de Paula, 2010):

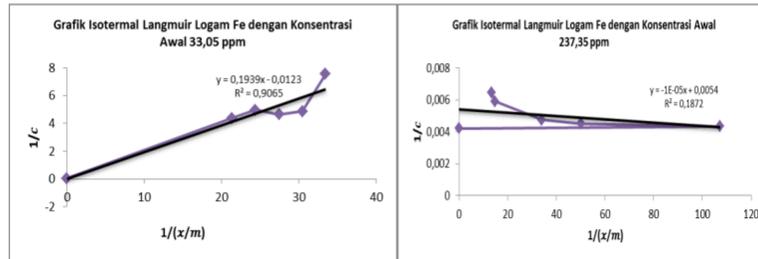
$$\frac{x}{m} = K C^n$$

5 keterangan:

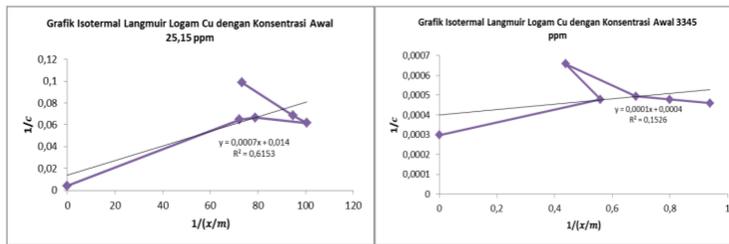
- x** = jumlah material yang terserap (mg)
- m** = berat adsorben/ karbon aktif (g)
- C** = konsentrasi material yang tetap ada dalam larutan (tidak terserap) setelah proses adsorpsi (mg/l).

K dan n adalah konstanta yang berbeda untuk setiap larutan dan suhu. Kurva Isotermal Freundlich diperoleh dengan membuat grafik antara $\log(x/m)$ versus $\log C$.

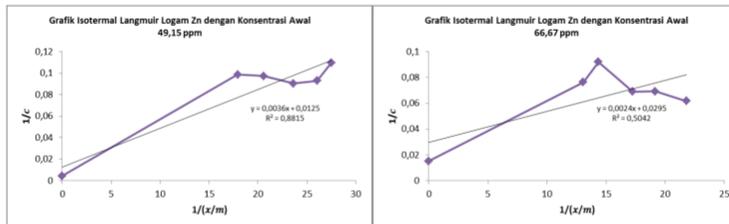
Gambar 6, 7 dan 8 menunjukkan bahwa adsorpsi untuk ketiga logam Fe, Cu dan Zn pada konsentrasi awal rendah maupun tinggi tidak mengikuti Isotermal Langmuir karena nilai korelasi linier R^2 sangat rendah, yaitu 0,1526 - 0,9065. Sedangkan Gambar 9,10 dan 11 menunjukkan bahwa adsorpsi ketiga logam Fe, Cu dan Zn pada konsentrasi awal rendah mengikuti Isotermal Freundlich dengan nilai korelasi linier R^2 mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi antara ion logam dengan karbon aktif cenderung bersifat fisisorpsi. Selain itu, pori-pori yang terbentuk pada karbon aktif bersifat heterogen sehingga ion logam yang teradsorpsi pada permukaan arang aktif membentuk lapisan multilayer (Aditya, Yusnimar dan Zultiniar, 2016). Pada konsentrasi awal ion logam tinggi tidak mengikuti isotermal Freundlich, oleh karena itu untuk menentukan besarnya kapasitas adsorpsi dan energi yang dilepaskan ketika terjadi adsorpsi dapat menggunakan Persamaan Freundlich pada konsentrasi awal logam yang cukup rendah. Tabel 3 menunjukkan sifat adsorpsi berdasarkan isothermal Freundlich untuk masing-masing logam Fe, Cu dan Zn.



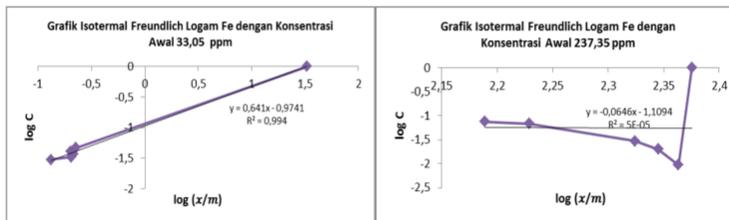
Gambar 6. Kurva Isotermal Langmuir untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal berbeda



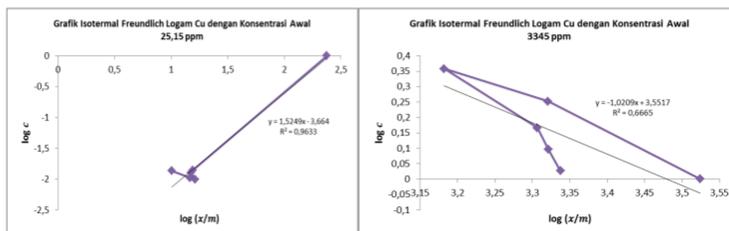
Gambar 7. Kurva Isotermal Langmuir untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal berbeda



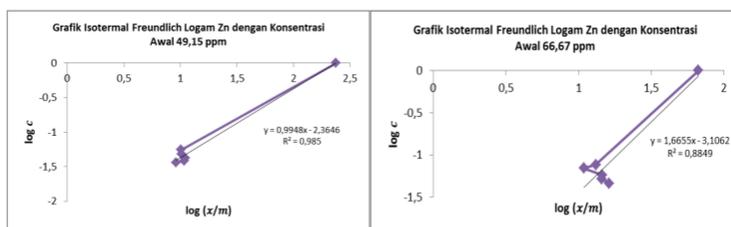
Gambar 8. Kurva Isotermal Langmuir untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal berbeda



Gambar 9. Kurva Isotermal Freundlich untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal berbeda



Gambar 10. Kurva Isotermal Freundlich untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal berbeda



Gambar 11. Kurva Isotermal Freundlich untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal berbeda

Tabel 3. Sifat adsorpsi berdasarkan isotermal Freundlich

Serapan Logam	Nilai R ²	Energi Adsorpsi	Kapasitas Adsorpsi
Fe (C awal 33,05 ppm)	0,994	28,388 KJ/mol	21,2 mg/g
Cu (C awal 25,15 ppm)	0,963	26,532 KJ/mol	0,0043 mg/g
Zn (C awal 49,15 ppm)	0,985	27,641 KJ/mol	0,086 mg/g

15 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Karbon aktif dapat dibuat dengan bahan baku batubara peringkat rendah dari Bangko-PT. Tambang Batubara Bukit Asam unit penambangan Tanjung Enim dengan metode aktivasi kimia menggunakan ZnCl₂ berkualitas teknis.
- Pada pembuatan karbon aktif dengan variasi ukuran butir dan komposisi batubara- ZnCl₂, ukuran butir batubara yang memberikan bilangan iodin tertinggi adalah pada ukuran butir 60 mesh dengan komposisi 60% batubara-40% ZnCl₂ dengan bilangan iodin 1298 mg/g.
- Semakin kecil ukuran butir batubara maka perolehan karbon aktif semakin kecil, kecuali terdapat penyimpangan pada ukuran butir 40 mesh. Pada ukuran terkecil, yaitu 100 mesh perolehan karbon aktif hanya sekitar 38% dari berat bahan baku campuran batubara-ZnCl₂.
- Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap logam Fe menunjukkan bahwa pada konsentrasi awal Fe yang rendah, serapan karbon aktif lebih tinggi dibandingkan pada konsentrasi awal Fe yang tinggi.
- Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap logam Cu menunjukkan bahwa pada

koncentrasi awal Cu yang rendah, semakin tinggi bilangan Iodin maka semakin tinggi pula serapan logam Cu. Namun pada konsentrasi awal Cu yang tinggi, semakin tinggi bilangan Iodin maka serapan logam Cu justru semakin menurun.

- Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap logam Zn menunjukkan bahwa pada konsentrasi awal Zn yang rendah, semakin tinggi bilangan Iodin maka semakin besar serapan karbon aktif. Sedangkan pada konsentrasi awal Zn yang tinggi, semakin tinggi bilangan Iodin justru serapan karbon aktif menurun.
- Besarnya bilangan Iodin pada karbon aktif tidak selalu menjamin tingginya daya serap karbon aktif terhadap logam, melainkan bergantung pada jenis logam dan juga pada konsentrasi awal logam tersebut.
- Berdasarkan Isotermal Freundlich, diperoleh untuk serapan logam Fe dengan konsentrasi awal 33,05 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 21,2 mg/g dengan energi adsorpsi 28,388 KJ/mol. Untuk serapan logam Cu dengan konsentrasi awal 25,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,0043 mg/g dengan energi adsorpsi 26,532 KJ/mol. Sedangkan untuk serapan logam Zn dengan konsentrasi awal 49,15 ppm mempunyai kapasitas adsorpsi 0,086 mg/g dengan energi adsorpsi 27,642 KJ/mol.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji daya serap karbon aktif hasil penelitian terhadap logam-logam berat yang lain seperti Mn, Cr, Co, Pb dan Ni agar dapat diketahui potensi pemanfaatan karbon aktif sebagai adsorben logam berat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak terkait seperti Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 003/SP2H/LT/DRPM/III/2016 dan 214/SP2H/LT/DRPM/III/2016 yang telah membiayai penelitian ini, serta kepada PT Bukit Asam Batubara Unit penambangan Tanjung Enim yang telah memfasilitasi saat pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, K., Yusninar and Zultiniar (2016) "Penentuan model isotherm adsorpsi ion Cu(II) pada karbon aktif tempurung kelapa," *JOM FTEKNIK*, 3(2), pp. 1–6. Available at: <http://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/11457>.
- Alfiyany, H., Bahri, S. and Nurakhirawati (2013) "Kajian penggunaan arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben logam Pb dengan beberapa aktivator asam," *Jurnal Natural Science*, 2(3), pp. 75–86. Available at: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/ejurnalnalfmipa/article/view/1869>.
- Anggarini, D., Tjahjanto, R. T. and Darjito (2013) "Studi aktivasi arang dari tempurung kelapa dengan pengozonan," *Kimia Student Journal*, 2(1), pp. 400–406. Available at: <http://kimia.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jikub/article/view/305>.
- Anjoko, H., Dewi, R. and Malik, U. (2014) "Karakterisasi semi kokas dan analisa bilangan iodin pada pembuatan karbon aktif tanah gambut menggunakan aktivasi H₂O," *JOM FMIPA*, 1(2), pp. 63–69. Available at: <http://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFMIPA/article/view/3997>.
- Atkins, P. and de Paula, J. (2010) *Physical chemistry*. 9th Ed. New York: W. H. Freeman and Company.
- Ibrahim, Martin, A. and Nasruddin (2015) "Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif berbahan dasar cangkang sawit dengan metode aktivasi fisika menggunakan rotary autoclave," *JOM FTEKNIK*, 1(2), pp. 1–11. Available at: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/4108>.
- Indrasti, N. S., Subroto, M. A. and Gunawan, G. G. (2005) "Adsorpsi logam berat seng (Zn) dengan menggunakan akar rambut Solanum nigrum L galur A4 kering terimobilisasi dalam Na-alginat," *Jurnal Teknik Industri Pertambangan*, 15(1), pp. 1–9. Available at: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jumaltin/article/view/4300>.
- Karimah, M. and Sudibandriyo, M. (2013) "Pembuatan karbon aktif berbahan baku ampas tebu dengan aktivasi termal menggunakan karbon dioksida (CO₂) dengan variasi laju alir dan temperatur aktivasi. Universitas Indonesia. Available at: <http://lib.ui.ac.id/naskahringkas/2015-09/S-Mahfuzhoh Karimah>.
- Kusmiyati, Lystanto, P. A. and Pratiwi, K. (2012) "Pemanfaatan karbon aktif arang batubara (KAAB) untuk menurunkan kadar ion logam berat Cu²⁺ dan Ag⁺ pada limbah cair industri," *REAKTOR*, 14(1), pp. 51–60. doi: 10.14710/reaktor.14.1.51-60.
- Miller, K. (2013) "Coal analysis," in *The Coal Handbook: Towards Cleaner Production*. Elsevier, pp. 151–189. doi: 10.1533/9780857097309.1.151.
- Monika, I. (2016) "Potential study of Indonesia coal for adsorbed natural gas," *Indonesian Mining Journal*, 19(3), pp. 133–142. doi: 10.30556/imj.Vol19.No3.2016.406.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M. and Putri, E. M. M. (2013) "Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai adsorben untuk mengurai kadar fenol dalam air limbah," *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1), p. F-116-F-120. doi: 10.12962/j23373539.v2i1.2437.
- Payung, Y. H., Sitorus, S. and Alimuddin (2014) "Pemanfaatan karbon aktif dari batubara kotor (dirty coal) sebagai adsorben ion logam Cd dan Pb dalam larutan," *Jurnal Kimia Mulawarman*, 11(2), pp. 94–96. Available at:

- <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM/article/view/28>.
- Rijali, A., Malik, U. and Zulkamain (2015) "Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari bambu betung dengan menggunakan activating agent H₂O," *JOM FMIPA*, 2(1), pp. 102–107. Available at: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFMIPA/article/view/4513/0>.
- Sianipar, L. D., Zaharah, T. A. and Syahbanu, I. (2016) "Adsorpsi Fe(II) dengan arang kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) teraktivasi asam klorida," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(2), pp. 50–59. Available at: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/14899>.
- Speight, J. G. (2005) *Handbook of coal analysis*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1002/0471718513.
- Sulistyah and Astuti, A. D. (2008) *Pembuatan karbon aktif berbahan baku batubara peringkat rendah dari PT. Arutmin dan aplikasinya sebagai adsorben logam dalam pengolahan limbah cair*. Jakarta.
- Sulistyah and Astuti, A. D. (2014) "Pemanfaatan batubara peringkat rendah sebagai bahan baku karbon aktif dengan aktivator ZnCl₂," *Mindagi*, 8(2), pp. 75–81. Available at: <http://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/mindagi/article/view/1919>.
- Talunoe, O., Nurhaeni, N. and Mirzan, M. (2015) "Pemanfaatan arang aktif kulit kacang tanah sebagai adsorben besi (Fe) pada air sumur di Desa Pendolo, Kec. Pamona Selatan, Kab. Poso," *KOVALEN*, 1(1), pp. 7–12. doi: 10.22487/j24775398.2015.v1.i1.5096.

PENGARUH UKURAN BUTIR BATUBARA DAN KOMPOSISI BATUBARA-ZnCl₂ PADA DAYA SERAP KARBON AKTIF TERHADAP LOGAM Fe, Cu DAN Zn DALAM LIMBAH CAIR

ORIGINALITY REPORT

11%	8%	7%	4%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.lartistofruits.fr Internet Source	1%
2	www.1gekonciknocni.cz Internet Source	1%
3	Submitted to School of Business and Management ITB Student Paper	1%
4	Alif Nurhadiansyah, Irfana Diah Faryuni, Boni Pahlanop Lapanporo. "Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Serbuk Kayu Bengkirai sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut", PRISMA FISIKA, 2018 Publication	1%
5	Submitted to KYUNG HEE UNIVERSITY Student Paper	1%
6	Submitted to Trisakti University Student Paper	1%
7	Ngatijo Ngatijo, Nurul Gusmaini, Restina Bemis, Rahmat Basuki. "Adsorpsi Methylene Blue pada Nanopartikel Magnetit tersalut Asam Humat: Kajian Isoterm dan Kinetika", CHEESA: Chemical Engineering Research Articles, 2021 Publication	1%

8	lib.ui.ac.id Internet Source	1 %
9	ejournal.sttmigas.ac.id Internet Source	1 %
10	ar.scribd.com Internet Source	<1 %
11	isco-iss.faperta.unpad.ac.id Internet Source	<1 %
12	adoc.pub Internet Source	<1 %
13	jurnal.unpad.ac.id Internet Source	<1 %
14	Teguh Samudera Paramesywara, Budhi Setiawan. "Risk Analysis of Slope Stability Open Mine With Probability Method PT. Timah (Persero) TBK Batubesi Area, Damar, East Belitung", Journal of Physics: Conference Series, 2019 Publication	<1 %
15	jurnal.harianregional.com Internet Source	<1 %
16	informasi.ftke.trisakti.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off
Exclude bibliography On

Exclude matches < 15 words

PENGARUH UKURAN BUTIR BATUBARA DAN KOMPOSISI BATUBARA-ZnCl₂ PADA DAYA SERAP KARBON AKTIF TERHADAP LOGAM Fe, Cu DAN Zn DALAM LIMBAH CAIR

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/100

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12
