

PENGELOLAAN AIR LIMBAH TAMBANG DENGAN METODE BIOADSORBSI MENGGUNAKAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA

Bioadsorption of Mine Wastewater Using Coconut Shells Based Activated Carbon

NIZA DESIANA*, NGATIJO** dan MUHAMMAD I. LAGOWA**

Jurusan Teknik Kebumihan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
Jl. Lintas Jambi-Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Jambi Luar Kota, Jambi 36122

Korespondensi e-mail : nizadesyaana@gmail.com

*Kontributor Utama

**Kontributor Anggota

ABSTRAK

Air limbah tambang merupakan dampak dari kegiatan penambangan. Salah satu metode pengelolaan air limbah tambang yang belum banyak dikaji adalah bioadsorpsi menggunakan karbon aktif tempurung kelapa. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh bioadsorpsi karbon aktif tempurung kelapa terhadap pH, Fe, Mn dan TSS pada air limbah tambang. Digunakan metode eksperimen dengan 2 variabel, yaitu konsentrasi karbon aktif dan waktu kontak. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi H_3PO_4 20%, mengandung unsur karbon sebesar 98,20%, air 9,75%, zat menguap 20,52%, abu 10,02% dan karbon terikat 69,46 %. Hasil optimal peningkatan pH didapatkan pada konsentrasi karbon aktif 5 g/L dengan waktu kontak 10 menit yaitu pH 7,01. Penurunan konsentrasi Fe dan Mn yang terbaik diperoleh ketika menggunakan karbon aktif 5 g/L dan waktu kontak 60 menit dan 20 menit sehingga didapatkan konsentrasi Fe 0,3570 mg/L dan Mn 0,0344 mg/L serta penurunan TSS yang optimal menjadi 0,078 mg/L. Karbon aktif tempurung kelapa terbukti mampu meningkatkan pH serta menurunkan konsentrasi Fe, Mn dan kadar TSS sehingga dapat dijadikan salah satu alternatif pengelolaan air limbah tambang.

Kata kunci: air limbah tambang, bioadsorpsi, karbon aktif, tempurung kelapa.

ABSTRACT

Mine wastewater is formed as the impact of mining activities. One of mine wastewater management methods that has not been studied widely is bioadsorption method using coconut shell activated carbon. This research aims to examine the effect of bioadsorption using coconut shell activated carbon on pH, Fe, Mn and TSS concentrations of mine wastewater. The method used was an experimental one with 2 variables, those were concentrations of active carbon and contact time. The results showed that coconut shell activated carbon by 20% H_3PO_4 contained 98.20% of carbon, 9.75% of moisture, volatile matter of 20.52%, ash of 10.02% and bound carbon of 69.46%. The optimum increasing pH was obtained at the addition of activated carbon concentration of 5 g/L with the contact time of 10 minutes, the final pH was 7.01. The reduction in Fe and Mn concentration happened by applying 5 g/L activated carbon, with contact time 60 and 20 minutes respectively. The Fe concentration became 0.3570 mg/L and Mn 0.0344 mg/L. The optimal TSS reduction was 0.078 mg/L at the addition of 5 g/L activated carbon and contact time of 20 minutes. The coconut shell activated carbon is proven to be able to increase pH and reduce Fe, Mn and TSS concentrations and can be offered as alternative option as bioadsorption material for mine waste water management.

Keywords: mine wastewater, bioadsorption, activated carbon, coconut shells.

PENDAHULUAN

Air limbah tambang merupakan air yang terbentuk di lokasi penambangan yang proses terbentuknya dipengaruhi oleh adanya kandungan material lumpur pada lokasi penambangan. Selain itu mineral sulfida yang berikatan dengan oksigen di dalam air dapat mengakibatkan keterdapatannya logam-logam berat serta rendahnya pH. Upaya pengelolaan air limbah tambang penting dilakukan agar meminimalkan risiko negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Dalam pengolahan air limbah tambang ini, dilakukan sesuai baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113/ 2003 mengenai baku mutu air limbah bagi usaha dan kegiatan penambangan batubara.

Penerapan karbon aktif tempurung kelapa belum pernah diterapkan langsung pada air limbah tambang. Penelitian ini didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan karbon aktif tempurung kelapa untuk mengolah air selain air limbah tambang. Penelitian yang telah dilakukan oleh Salim, Rizal dan Vihantara (2018) menerapkan penggunaan tempurung kelapa sebagai karbon aktif dan efektif untuk penjernihan air sederhana. Penelitian Rahmawanti dan Dony (2016) memanfaatkan karbon aktif dari tempurung kelapa, sudah diterapkan pengaplikasiannya untuk mengadsorpsi logam Fe, Mn dan Al hingga 20% di salah satu kelurahan di Kota Banjarmasin. Penelitian tentang aplikasi karbon aktif tempurung kelapa juga telah dilakukan untuk penjernihan air sumur di Desa Belor Kecamatan Ngarangan Kabupaten Grobogan (Suhartana, 2007). Demikian pula penelitian yang dilakukan oleh (Jamilatun dan Setyawan (2014), menyebutkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa dapat membuat air menjadi jernih, tidak berbau dan memenuhi pH standar air layak konsumsi (7,0-7,5). Selanjutnya penelitian Busyairi *dkk.* (2019) menggunakan karbon aktif dari serbuk kayu meranti didapatkan penurunan optimum kadar logam besi (Fe) sebesar 3,091 mg/L untuk waktu kontak 40 menit dan ukuran adsorben 100 mesh. Sedangkan penurunan kadar logam mangan (Mn) sebesar 1,992 mg/L terjadi pada waktu kontak 40 menit dan ukuran adsorben 100 mesh.

Penggunaan karbon aktif tempurung kelapa diharapkan menjadi alternatif lain dalam pengelolaan air limbah tambang secara aktif. Penerapannya dalam penelitian ini dilakukan dengan penambahan karbon aktif dalam air limbah tambang untuk menetralkan air limbah tambang dengan 2 variabel uji yaitu konsentrasi karbon aktif dan waktu kontak.

Penelitian terkait pengelolaan air limbah tambang menggunakan karbon aktif tempurung kelapa untuk saat ini sangat minim dilakukan. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui hasil pengaruh karbon aktif terhadap limbah air tambang dan data konsentrasi dan waktu kontak yang optimal.

METODE

Air limbah tambang didapatkan dari lokasi penambangan PT. Jambi Prima Coal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan cara memasukkan karbon aktif tempurung kelapa aktivasi H_3PO_4 ke dalam sampel air limbah tambang. Penelitian ini menggunakan 2 variabel utama yaitu konsentrasi karbon aktif (1, 2, 3, 4 dan 5 g/L) dan waktu kontak (20, 30, 40, 50 dan 60 menit). Setelah percobaan nilai pH diukur dengan pH meter, kadar logam Fe dan Mn diukur dengan AAS, dan nilai TSS diuji menggunakan metode gravimetri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini digunakan aktivator H_3PO_4 dengan konsentrasi 20% untuk mengaktivasi karbon tempurung kelapa. Aktivator H_3PO_4 20% merupakan aktivator yang lebih baik dibandingkan aktivator HCl, karena aktivator H_3PO_4 dapat meningkatkan rendemen karbon aktif H_3PO_4 20% yang digunakan pada proses aktivasi sehingga memperlambat laju reaksi pada proses oksidasi (Nurlina *dkk.*, 2015). H_3PO_4 berfungsi sebagai pelindung karbon dari suhu yang tinggi.

Data rendemen karbon hasil karbonisasi pada penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen karbon hasil karbonisasi

Aktivator	Berat karbon (gram)	Berat karbon aktif (gram)	% Karbon yang hilang	Rendemen karbon aktif
H ₃ PO ₄ 20%	50	49,13	1,80%	98,20%

Karakteristik Karbon Aktif menurut SNI

Penentuan karakteristik berdasarkan parameter SNI bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Pengujian kualitas karbon aktif dilakukan berdasarkan SNI 06-3730-1995 yang meliputi kadar air, zat menguap, abu, dan karbon terikat. Analisis yang dilakukan pada karbon aktif tempurung kelapa, didapatkan nilai optimum karbon aktif yang telah diaktivasi H₃PO₄ sebanyak 20% karena memiliki daya serap yang paling baik. Hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Kadar Air

Kadar air menunjukkan persentase kandungan air yang terdapat di dalam karbon aktif. Keberadaan air ini dapat disebabkan oleh sifat higroskopis karbon aktif sehingga jika bereaksi dengan udara bebas, maka uap air yang terdapat di udara akan teradsorpsi pada pori-pori karbon aktif. Keberadaan air dalam karbon aktif ini akan menutupi pori-pori karbon aktif dan akan menyebabkan menurunnya daya adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, maksimal kadar air 15 %.

Kadar Zat Menguap

Kadar zat menguap merupakan hasil dekomposisi zat-zat penyusun karbon akibat proses pemanasan selama pengkarbonan dan bukan komponen penyusun karbon. Karbon dengan zat menguap yang tinggi akan menghasilkan asap pembakaran tinggi pula

pada saat karbon aktif tersebut digunakan. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, maksimal kadar zat menguap 25 %.

Kadar Abu

Kadar abu merupakan sisa mineral yang tertinggal ketika karbonisasi karena komponen senyawa penyusun bahan dasar karbon aktif tidak hanya terdiri dari karbon saja tetapi juga mengandung mineral-mineral lain di antaranya kalium, natrium, magnesium, kalsium. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif, keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, maksimal kadar abu 10%.

Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat merupakan jumlah karbon murni yang terikat dalam karbon. Analisis kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon yang tersisa setelah karbonisasi. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, minimal kadar karbon terikat 65%.

Daya Serap Iodin

Nilai daya serap iodin berfungsi untuk mengetahui daya serap karbon aktif, semakin besar nilai iodin maka akan semakin besar kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi zat terlarut. Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995, minimal nilai daya serap iodin 750 mg/g.

Tabel 2. Karakteristik karbon aktif

Parameter	SNI	Karbon aktif dengan aktivator H ₃ PO ₄ 20%
Kadar air	Maks, 15%	9,75%
Kadar zat menguap	Maks, 25%	20,52%
Kadar abu	Maks, 10%	10,02%
Kadar karbon terikat	Min, 65%	69,46%
Iodin	Min, 750 mg/g	757 mg/g

Karakteristik Air Limbah Tambang

Air limbah tambang yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari *sump* dekat *stockpile* PT Jambi Prima Coal. Sebelum pengambilan sampel air limbah tambang, dilakukan pengukuran pH di area *front* penambangan. Pada pengamatan di lapangan tampak bahwa sampel yang diambil memiliki warna kecoklatan akibat tercampur dengan tanah di dinding dan dasar dari *sump* (Gambar 1).



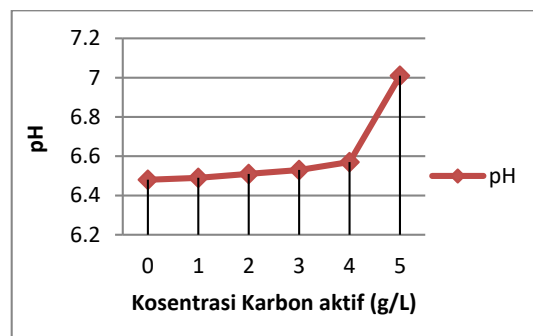
Gambar 1. Air limbah tambang yang berada di *stockpile*

Kualitas air limbah tambang yang diuji meliputi konsentrasi Fe, Mn dan TSS, dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Jambi, sedangkan nilai pH dilakukan di Laboratorium Instrumentasi. Kualitas air limbah tambang diuji dengan mengambil sampel langsung menggunakan metode sampel sesaat, dengan cara memasukkan air limbah ke dalam jerigen. Adapun hasil analisis air limbah tambang

sebelum diolah pada PT Jambi Prima Coal (Tabel 3 dan 4), berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.113/ 2003, kandungan logam Fe dan Mn serta TSS pada air limbah tambang yang berasal dari *sump stockpile* di PT Jambi Prima Coal masih di bawah batas ambang yang telah ditetapkan. Penelitian ini dilakukan agar kualitas air limbah bisa menjadi lebih baik lagi sehingga dapat dimanfaatkan untuk peruntukan lain yang bermanfaat.

Pengaruh Perlakuan terhadap Nilai pH

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113/ 2003, nilai pH sebagai salah satu variabel dalam air limbah pada kegiatan penambangan dikategorikan aman karena berada pada nilai >6 . Hasil pengukuran pH sebagai hasil perlakuan pemberian karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



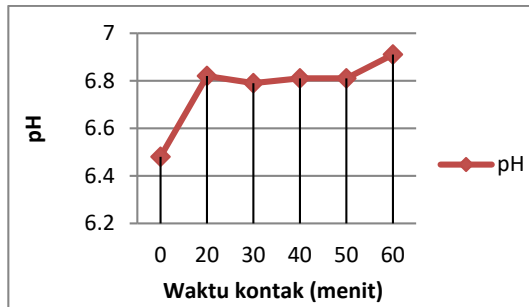
Gambar 2. Pengaruh konsentrasi karbon aktif terhadap pH

Tabel 3. Hasil analisis air limbah tambang PT Jambi Prima Coal

No	Variabel	Satuan (Unit)	Hasil Uji	Standar
1	Besi (Fe)	mg/L	6,9853	APHA (3111 B) 2012
2	Mangan (Mn)	mg/L	0,2386	APHA (3111 B) 2012
3	TSS	mg/L	0,264	SNI (06-6989.3:2004)

Tabel 4. Hasil analisis pH air limbah tambang PT Jambi Prima Coal

No	Variabel	Satuan (Unit)	Hasil Uji	Standar
1	pH	-	6,48	SNI (06-6989.3:2004)



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap pH

Dari Gambar 2 dan 3 terlihat bahwa perlakuan karbon aktif untuk air limbah tambang dapat meningkatkan pH air limbah tambang dikarenakan pada karbon aktif terdapat ion OH^- sedangkan pada air limbah tambang terdapat ion H^+ oleh karena itu apabila bertemu maka membentuk ikatan sehingga pH air limbah tambang tersebut dapat naik.

Pada Gambar 2, peningkatan pH terbaik diperoleh pada konsentrasi karbon aktif minimal 5 g/L. Sedangkan pada Gambar 3, nampak peningkatan pH terbaik dan optimal diperoleh pada waktu kontak di atas 10 menit. Adanya sedikit perubahan pH dalam rentang 0,1-0,3 pada variasi dosis dan waktu kontak disebabkan oleh adanya titik jenuh daya serap dari karbon aktif yang cenderung hanya menyerap partikel ringan. Menurut Heriyani dan Mungisidi (2016), tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh banyaknya kandungan ion H^+ dan OH^- .

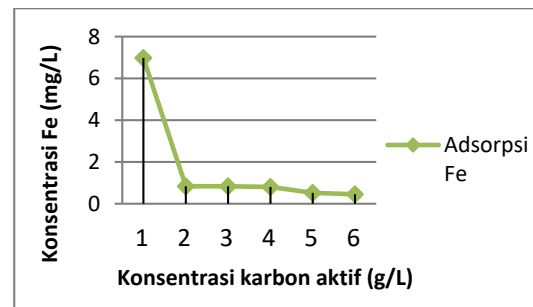
Pada percobaan, semua variasi konsentrasi dan waktu kontak dapat menurunkan konsentrasi Fe, namun tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dan berhenti pada konsentrasi karbon aktif sebanyak 5g/L dengan waktu kontak 60 menit. Kelebihan konsentrasi karbon aktif mengakibatkan terganggunya proses adsorpsi secara kimia, dikarenakan menumpuknya karbon aktif pada air limbah tambang, sehingga karbon aktif tidak dapat lagi bereaksi dengan air limbah tambang.

Pengaruh Perlakuan terhadap Konsentrasi Fe

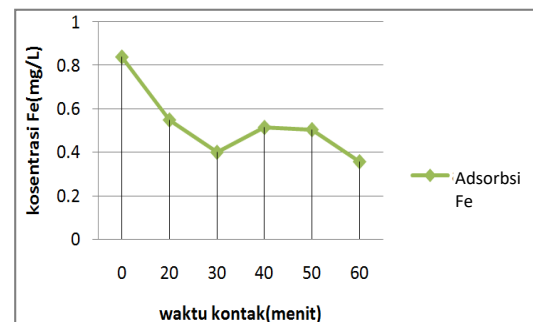
Perlakuan dilakukan pada air limbah tambang yang berasal dari *stockpile* dengan konsentrasi 6,9853 mg/L dan telah memenuhi standar bakumutu, namun pada penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi Fe agar kondisi air lebih baik. Berdasarkan Keputusan Menteri

Lingkungan Hidup No. 113/ 2003, nilai Fe sebagai variabel air limbah pada kegiatan penambangan sudah dikategorikan aman karena berada pada nilai ≤ 7 . Hasil pengukuran Fe dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

Dari Gambar 4 dan 5 terlihat karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi Fe. Pada Gambar 4 terlihat penurunan konsentrasi Fe namun penurunannya tidak tajam. Fenomena ini terjadi karena kontak dengan karbon aktif akan mereduksi komponen logam dengan berat molekul menengah sekitar 30.000 dalton sehingga meninggalkan berat molekul besar dan kecil. Setelah berat molekul menengah terserap maka tersisa berat molekul besar dan kecil, dan apabila ada penambahan karbon aktif maka tidak ada perubahan drastis.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi karbon aktif terhadap kadar Fe



Gambar 5. Pengaruh waktu kontak terhadap kadar Fe

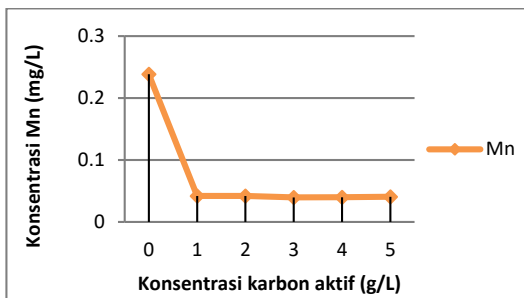
Penurunan Fe terbaik terjadi pada konsentrasi karbon aktif 5 g/L dengan kadar Fe sebesar 0,4520 mg/L. Gambar 5 memperlihatkan penurunan konsentrasi Fe anomali pada waktu kontak 30 menit dan mengalami sedikit kenaikan pada waktu kontak 40 dan 50 menit.

Selanjutnya pada waktu kontak 60 menit terjadi penurunan kembali yang disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya titik jenuh karbon aktif, pengadukan yang tidak stabil dan proses destruksi pengujian.

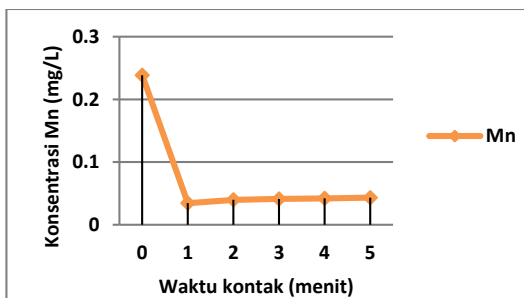
Pengaruh Perlakuan terhadap Konsentrasi Mn

Perlakuan dilakukan pada air limbah tambang yang berasal dari *stockpile* PT Jambi Prima Coal dengan konsentrasi Mn 0,238 mg/L yang dikategorikan aman, namun pada penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi Mn agar kondisi air lebih baik. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113/ 2003), nilai Mn sebagai variabel air limbah pada kegiatan penambangan sudah dikategorikan aman yaitu lebih kecil dari 4.

Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa karbon aktif dapat menurunkan konsentrasi Mn dengan baik. Penurunan Mn terbaik terjadi pada konsentrasi karbon aktif 5 g/L dengan konsentrasi Mn sebesar 0,0397 mg/L. Sedangkan konsentrasi Mn yang terbaik diperoleh pada pemberian karbon aktif sebanyak 5 g/L dengan waktu kontak 20 menit, dan diperoleh konsentrasi Mn 0,0344 mg/L.



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi karbon aktif terhadap nilai Mn



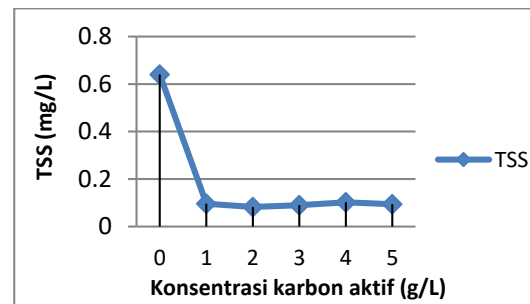
Gambar 7. Pengaruh waktu kontak terhadap nilai Mn

Secara keseluruhannya penurunan konsentrasi Mn tidak terlalu signifikan rentangnya hanya berkisar 0,002-0,01. Hal ini terjadi karena karbon aktif bekerja secara fisika yang dipengaruhi oleh muatan elektrostatik antara permukaan pori-pori karbon dengan Mn yang mengakibatkan terjadinya proses pelarutan ion Mn^{2+} (Draper, 1992).

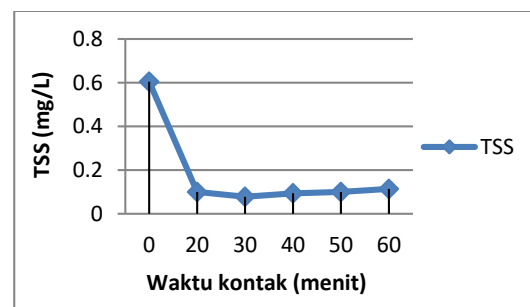
Untuk variasi waktu kontak melewati 30 menit, kemampuan adsorpsi karbon aktif menjadi jenuh karena luas permukaan penyerapan ion pada karbon aktif terbatas. Walaupun masih ada penurunan Mn yang tidak signifikan, namun kemampuan karbon aktif dalam menyerap Mn semakin melemah.

Pengaruh Perlakuan terhadap Nilai TSS

Perlakuan dilakukan pada air limbah tambang yang berasal dari *stockpile* dengan konsentrasi TSS 0,640, dan telah memenuhi standar bakumutu, namun pada penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi TSS agar kondisi air lebih baik. Hasil pengukuran TSS ditampilkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi karbon aktif terhadap nilai TSS



Gambar 9. Pengaruh waktu kontak terhadap nilai TSS

Pada Gambar 8 dan 9 tampak bahwa karbon aktif dapat menurunkan TSS pada air limbah tambang. Karbon aktif akan bereaksi dengan TSS sehingga akan terbentuk gaya *van der Waals* akibat terjadi tarik menarik dari muatan negatif dari karbon aktif yang membawa gugus hidrosil OH^- dan muatan positif H^+ dari TSS sehingga akan terbentuk suatu koagulan yang setelah disaring akan terbawa dengan karbon aktif. Pada Gambar 8, penurunan TSS terbaik diperoleh pada konsentrasi karbon aktif 2 g/L dengan konsentrasi Mn turun menjadi 0,096 mg/L. Pada Gambar 9, terlihat bahwa nilai TSS yang optimal terjadi pada konsentrasi karbon aktif sebanyak 5 g/L dengan waktu kontak 20 menit dan konsentrasi TSS turun menjadi 0,078 mg/L.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil aktivasi karbon aktif tempurung kelapa aktivasi H_3PO_4 20 % telah memenuhi SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif, yaitu mengandung unsur karbon sebesar 98,20%, air 9,75%, zat menguap 20,52%, abu sebesar 10,02% dan karbon terikat sebesar 69,46%,

Hasil adsorpsi dengan karbon aktif mampu meningkatkan nilai pH yang optimal sebesar 7,0 pada konsentrasi karbon aktif 5 g/L dan waktu kontak 10 menit. Selain itu, dapat menurunkan konsentrasi Fe dan Mn secara optimal pada konsentrasi karbon aktif 5 g/L dan waktu kontak 60 menit mencapai konsentrasi Fe 0.3570 mg/L dan Mn 0,0344 mg/L. Juga dapat menurunkan TSS optimal pada konsentrasi karbon aktif 5 g/L waktu kontak 20 menit sebesar 0,078 mg/L.

Saran

Perlu dilakukan uji bioadsorpsi karbon aktif tempurung kelapa dengan mengaplikasikan langsung sebagai adsorben limbah air tambang pada kolam pengendapan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Drs. Ngatijo M.Si. dan Bapak Muhammad Ikrar Lagowa, S.T., M.Eng.Sc., selaku dosen pembimbing yang membantu selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Busyairi, M., Firlina, F., Sarwono, E. dan Saryadi, S. (2019) "Pemanfaatan serbuk kayu meranti menjadi karbon aktif untuk penurunan kadar besi (Fe), mangan (Mn) dan kondisi pH pada air asam tambang," *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 11(2), hal. 87–101. doi: 10.20885/jstl.vol11.iss2.art1.
- Draper, N. R. (1992) *Applied regression analysis*. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Heriyani, O. dan Mungisidi, D. (2016) "Pengaruh karbon aktif dan zeolit pada pH hasil filtrasi air banjir," in *Seminar Nasional Teknologi, Kualitas dan Aplikasi*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, hal. 199–202.
- Jamilatun, S. dan Setyawan, M. (2014) "Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan aplikasinya untuk penjernihan asap cair," *SPEKTRUM INDUSTRI*, 12(1), hal. 73–86. doi: 10.12928/si.v12i1.1651.
- Kementerian Lingkungan Hidup (2003) *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batu Bara*. Jakarta, Indonesia.
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal dan Kartika, I. D. (2015) "Efektivitas penggunaan tawas dan karbon aktif pada pengolahan limbah cair industri tahu," in *Prosiding SEMIRATA*. Pontianak: Universitas Tanjungpura, hal. 690–699.
- Rahmawanti, N. dan Dony, N. (2016) "Studi arang aktif tempurung kelapa dalam penjernihan air sumur perumahan baru daerah Sungai Andai," *Alum Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(2), hal. 84–88.
- Salim, N., Rizal, N. S. dan Vihantara, R. (2018) "Komposisi efektif batok kelapa sebagai karbon aktif untuk meningkatkan kualitas airtanah di kawasan perkotaan," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), hal. 87–95. doi: 10.14710/mkts.v24i1.18865.
- Suhartana, S. (2007) "Pemanfaatan sekam padi sebagai bahan baku arang aktif dan aplikasinya untuk penjernihan air sumur di Desa Asinan Kecamatan Bawen Kabupaten Semarang," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 10(3), hal. 67–71. doi: 10.14710/jksa.10.3.67-71.

