

KARBON AKTIF AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN PENURUN KADAR BESI DAN MANGAN LIMBAH AIR ASAM TAMBANG

Azwardi Imani¹, Tatan Sukwika^{1,*}, Laila Febrina¹

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sahid Jakarta
Jl. Prof. DR. Soepomo No.84, Jakarta Selatan 12870

*E-mail: tatan.swk@gmail.com

Diterima: 16 April 2020

Direvisi: 12 Juli 2020

Disetujui: 05 September 2020

ABSTRAK

Ampas tebu mengandung selulosa yang memungkinkan ampas tebu untuk dimanfaatkan sebagai bahan untuk karbon aktif. Limbah air asam tambang memiliki kadar besi dan mangan yang cukup tinggi sehingga karbon aktif ampas tebu digunakan sebagai adsorben penurunan kadar besi dan mangan dalam limbah air asam tambang. Ampas Tebu diubah menjadi arang aktif dengan proses dehidrasi, proses karbonisasi dan proses aktivasi. Arang aktif yang sudah jadi selanjutnya diuji kualitas bobot, waktu kontak optimum, dan efektivitas menurunkan kadar besi dan mangan dalam limbah air asam tambang. Hasil uji kualitas arang aktif telah memenuhi standar yang dipersyaratkan oleh regulasi SNI No. 06-3730-1995. Bobot optimum arang aktif ampas tebu sebesar 3 gram selama 60 menit. Kandungan Besi diperoleh sebesar 4 mg/L dengan persentase removal sebesar 79,65% dan kadar Mangan diperoleh sebesar 4,12 mg/L dengan persentase removal sebesar 60,00 % pada limbah air asam tambang. Nilai kadar Mangan masih belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Kepmen LH No. 113 Tahun 2003. Penelitian selanjutnya bisa membuat variasi bobot karbon aktif ampas tebu yang lebih besar.

Kata kunci: Ampas Tebu, Adsorben, Air Asam Tambang, Efektivitas

ABSTRACT

Bagasse contains cellulose that can be used as raw material to activated carbon. Acid mine drainage has high levels of iron and manganese so bagasse activated carbon is used as an adsorbent for reducing iron and manganese levels in acid mine drainage. Bagasse was converted into activated carbon by dehydration, carbonization, and activation processes. Then activated carbon was tested for weight quality, optimum contact time, and effectiveness for reducing iron and manganese levels in acid mine drainage. The results of the quality test of activated carbon have met the standards required by SNI No. 06-3730-1995. The optimum weight of activated carbon is 3 grams with a contact time of 60 minutes. Iron content obtained at 4 mg / L with a removal percentage of 79.65% and Manganese content obtained at 4.12 mg / L with a removal percentage of 60.00% in acid mine drainage. The value of Manganese content still does not meet the quality standard set by the Decree of the State Minister for Environment No. 113 of 2003. For future studies can make a higher variation in the weight of activated carbon bagasse.

Keywords: Bagasse, Adsorbent, Acid Mine Drainage, Efectivity

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batu bara seringkali menimbulkan cemaran dalam bentuk air limbah. Sehingga pemerintah membuat aturan berupa Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2013 tentang baku mutu kadar air limbah pada kegiatan penambangan batubara. Salah satunya adalah kadar total besi (Fe) dan mangan (Mn). Untuk kadar total Fe maksimum 7 ppm dan logam Mn maksimum 4 ppm.

Kandungan besi, mangan dan logam berat lainnya dalam limbah cair dapat diturunkan melalui proses adsorpsi dengan menggunakan arang aktif. Arang aktif dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Penggunaan adsorben dari jenis arang aktif berguna sebagai media untuk penurunan kadar air limbah. Beberapa peneliti terdahulu yang memanfaatkan jenis adsorben dari arang aktif dengan campuran bahan anorganik seperti zeolite Ali et al. (2020), *fly ash* (Gobel, 2018), dan tanah liat (Nasir et al., 2014). Ada juga peneliti yang melakukan pengolahan air limbah menggunakan media campuran organik, seperti tongkol jagung (Antika et al., 2019), kulit pisang (Abdi et al., 2015), sekam padi (Agustiyan et al., 2014), dan kulit singkong (Jusmanizah, 2011). Bahan limbah agrikultur yang cukup potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku karbon aktif adalah ampas penggilingan tebu, sekam padi, tongkol jagung dan sabut kelapa.

Meskipun beberapa peneliti melakukan pengujian penurunan kadar air limbah menggunakan arang aktif sebagai medianya, namun penelitian ini menggunakan bahan organik dari ampas tebu sebagai pembedanya. Seperti halnya bahan organik tersebut diatas, ampas tebu juga dapat dijadikan sebagai bahan karbon aktif, karena didalamnya mengandung selulosa. Ampas tebu merupakan salah satu bahan yang cukup potensial dikembangkan karena ketersediaannya yang melimpah. Berdasarkan hasil penelitian Asbahani (2013) arang ampas tebu dapat menghasilkan arang aktif yang memenuhi syarat sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995.

Melalui penelitian ini, diduga karbon aktif ampas tebu mampu mengadsorpsi zat termasuk ion pada limbah cair yang berasal dari air asam tambang Tujuan penelitian ini adalah membandingkan hasil uji kualitas karbon aktif

ampas tebu sebagai adsorben dengan kualitas karbon aktif yang sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995; menentukan pengaruh karbon aktif ampas tebu terhadap penurunan kadar Fe dan Mn dengan adanya variasi bobot karbon aktif; dan mengukur persentase efektivitas penurunan kadar Fe dan Mn pada limbah air asam tambang yang diolah dengan menggunakan karbon aktif ampas tebu.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Preparasi karbon aktif menggunakan wadah untuk menampung ampas tebu, pisau, dan talenan. Pembuatan karbon aktif menggunakan cawan porselen (evaporating basin), oven, tanur, desikator, gegap besi, ayakan ukuran 200 mesh, dan kertas saring whattman 42. Bahan pembuatan karbon aktif yaitu: ampas tebu, aquabides, larutan HCL 0,1N.

Pengujian Sampel

Sampel limbah air asam tambang (sintetis) diukur kadar besi dan mangannya sebelum diolah menggunakan karbon aktif ampas tebu dan juga diukur kadar besi dan mangannya setelah diolah menggunakan karbon aktif ampas tebu lalu dibandingkan seberapa besar penurunan kadar besi dan mangan. Sampel limbah cair sebelum diolah menggunakan karbon aktif ampas tebu diukur kadar Fe dan Mn-nya. Kemudian dilakukan pengolahan sampel limbah air asam tambang dengan menggunakan variasi perlakuan yang berbeda.

Pengolahan Data

Variabel data yang mencakup variabel bebas dan terikat. Variabel bebas terdiri dari jumlah bobot karbon aktif (A) dan waktu kontak (B), memilih bobot dan waktu kontak sebagai variabel bebas karena keduanya berpengaruh cukup signifikan terhadap efektivitas karbon aktif dalam mengadsorpsi kandungan besi dan mangan dalam sampel air asam tambang. Variasi bobot dan waktu ini merupakan modifikasi dari Asbahani (2013). Adapun taraf yang dimodifikasi sebagai berikut: Taraf A (bobot karbon aktif bereaksi dengan limbah air asam tambang): a) A₁ adalah 1 gram; b) A₂ adalah 2 gram; dan c) A₃ adalah 3 gram. Taraf B (waktu karbon aktif bereaksi dengan limbah air asam tambang): a) B₁ adalah 30 menit; b) B₂ adalah 60 menit; dan c) B₃ adalah 90 menit. Karbon aktif ampas ditambahkan dengan

variasi bobot karbon aktif sebanyak 1gr, 2gr, dan 3gr dengan pengaruh waktu kontak adsorben selama 30, 60, dan 90 menit. Setelah diperoleh nilai parameter pengujian Fe dan Mn melalui proses pengolahan karbon aktif, kemudian dihitung nilai efektivitas penurunan nilai konsentrasinya dengan rumus:

$$\text{Persen Removal} = \frac{\text{Nilai terukur sebelum proses} - \text{Nilai terukur sesudah proses}}{\text{Nilai terukur sebelum proses}} \times 100\%$$

Sementara pengukuran parameter untuk pengujian limbah air asam tambang mengacu pada standar metode APHA 3125 B (APHA, 2012), lihat Tabel 1.

Tabel 1. Parameter pengujian air

| Parameter | Metode Uji |
|-------------------|-------------|
| Kadar Besi (Fe) | APHA 3125 B |
| Kadar Mangan (Mn) | APHA 3125 B |

Penggunaan metode standar APHA karena APHA diakui secara internasional dan lebih cocok untuk alat instrument ICP-MS yang digunakan untuk analisis kadar besi dan mangan. Sedangkan SNI masih memerlukan pengembangan supaya kompatibel dengan teknologi yang lebih *advance*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat keasaman air tambang adalah pH <4 sehingga menimbulkan masalah terhadap lingkungan. Ada tiga faktor utama yang mempengaruhi proses pembentukannya yaitu oksigen, air, dan batuan yang mengandung mineral-mineral sulfidik seperti pirit, kalkopirit, dan lain-lain. Untuk jenis kegiatan penambangan ini dapat berupa tambang terbuka maupun tertutup (Natarajan, 2018).

Sampel air asam tambang yang diuji memiliki nilai pH 3,26, *conductivity* 4567 $\mu\text{S/cm}$, TDS 3502 mg/L, *salinity* 3,6 ppt, kadar besi dan mangan menunjukkan konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 22,1 mg/L dan 10,3 mg/L.

Kualitas Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben

Kandungan selulosa yang terdapat pada ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif, karena kemampuannya untuk mengadsorbsi anion dan kation dalam air yang tercemar. Beberapa tahapan pembuatan karbon aktif yaitu proses dehidrasi, karbonisasi dan

aktivasi. Proses dehidrasi ini untuk menghilangkan air yang terkandung pada ampas tebu yaitu dengan proses pemanasan yang dilakukan pada suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Proses karbonisasi dilakukan dengan pemanasan dengan suhu sekitar $600-900^{\circ}\text{C}$. Pada penelitian ini, proses karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C selama 30 menit, proses ini bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur seperti oksigen dan hidrogen yang dapat menutupi pori-pori adsorben yang dapat menghalangi proses adsorbsi saat pengaplikasian sehingga dapat menurunkan efektivitas adsorben. Proses selanjutnya yang dilakukan adalah proses aktivasi dengan melakukan perendaman adsorben selama 24 jam dalam larutan HCl 0,1 N dengan tujuan untuk memperbesar luasan pori-pori adsorben yang berperan sebagai sisi aktif dalam mengikat adsorbat. Kemudian karbon ampas tebu dicuci dengan aquades, disaring dan dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C .

Tabel 2. Hasil rendemen adsorben ampas tebu

| Bahan Baku (gr) | Adsorben (gr) | Rendemen (%) |
|-----------------|---------------|--------------|
| 1002,0935 | 58,1319 | 5,80 |

Adsorben ampas tebu dibuat dengan metode yang telah diperbaharui, yaitu dengan tahapan proses berupa tahap dehidrasi, karbonisasi, aktivasi seperti yang telah dijelaskan terperinci sebelumnya. Hasil rendemen adsorben ampas tebu yang telah dibuat disajikan pada Tabel 2.

Uji Kualitas Karbon Aktif

Hasil uji kualitas karbon aktif diperoleh melalui proses uji di laboratorium untuk mengetahui apakah kualitas karbon aktif yang dibuat sudah memenuhi syarat keberterimaan sesuai dengan SNI-06-3730-1995 (Tabel 3).

Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ kurang lebih selama 3 jam pada oven untuk memastikan kandungan air dalam karbon aktif menguap. Uji ini untuk mengetahui jumlah air yang terkandung di dalam karbon aktif dan mengetahui sifat higroskopis karbon aktif. Hasil uji menunjukkan terdapat nilai kadar air sebesar 6,09%. Nilai ini sudah memenuhi nilai

keberterimaan berdasarkan SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal 15%. Kadar air yang terperangkap dalam rongga karbon aktif dapat menutupi pori-pori sehingga berpengaruh pada kualitas karbon aktif. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin baik kualitas karbon aktif jika semakin kecil kadar airnya.

Tabel 3. Hasil analisis uji kualitas karbon aktif

| Parameter | Hasil | Unit | Syarat keberterimaan SNI 06 3730 1995 |
|-------------------|--------|------|---------------------------------------|
| Kadar-Air | 6,09 | % | Maks.15 |
| Kadar-Abu | 5,11 | % | Maks.10 |
| Volatile-Meter | 18,80 | % | Maks.25 |
| Fix-Carbon | 70,00 | % | Min.65 |
| Daya-Serap-Iodine | 816,41 | mg/g | Min.750 |

Kadar Abu

Metode gravimetri digunakan untuk uji kadar abu, yaitu melakukan pemanasan pada suhu 600°C di dalam tanur. Kadar abu diasumsikan sebagai sisa mineral yang tersisa ketika sampel dibakar. Di dalam bahan dasar karbon aktif, terkandung senyawa-senyawa mineral dan senyawa karbon dimana sebagian mineral telah menguap pada saat proses karbonisasi dan aktivasi. Berdasarkan SNI 06-3730-1995, kadar abu di dalam karbon aktif tidak boleh melebihi 10%. Kualitas karbon aktif sangat dipengaruhi oleh kadar abu yang dihasilkan. Luas permukaan karbon aktif dapat berkurang jika terdapat penyumbatan pada pori-pori yang disebabkan oleh kandungan abu yang berlebihan. Pada karbon aktif yang sudah teraktivasi diperoleh kadar abu sebesar 5,11%. Hasil ini telah memenuhi syarat keberterimaan sesuai dengan SNI 06-3730-1995

Volatile Matter

Kadar zat terbang dilakukan menggunakan metode gravimetri dengan memanaskan karbon pada suhu 900°C selama 7 menit dalam keadaan tertutup. Uji ini untuk mengetahui kemungkinan adanya zat-zat *volatile* organik pada karbon aktif. Zat-zat organik tersebut menguap pada suhu tertentu bila dipanaskan. *Volatile matter* biasanya berasal dari gugus hidrokarbon alifatik atau rantai lurus yang mudah terputus karena ada pemanasan pada suhu tertentu. Pengujian dengan penutupan dilakukan untuk menghindari adanya reaksi

oksidasi pada saat pembakaran, apabila pembakaran dilakukan dalam keadaan terbuka maka karbon akan teroksidasi dan terbakar dengan sempurna membentuk abu.

Nilai kadar zat terbang yang diperoleh sebesar 18,80%. Nilai ini sudah sesuai dengan syarat keberterimaan SNI 06-3730-1995. Nilai kandungan *volatile matter* ini diukur untuk mengetahui adanya reaksi pada waktu proses aktivasi antara karbon dengan uap air membentuk senyawa yang menguap seperti CO, CO₂, CH₄ dan H₂.

Fix Carbon

Fix carbon merupakan pengukuran kandungan karbon dalam sampel karbon aktif yang tertinggal bersamaan dengan nilai abu setelah dihilangkan nilai zat terbang atau *volatile matter*. Nilai *fix carbon* ini merupakan kandungan karbon yang tidak menguap pada saat pemanasan suhu tinggi atau saat penetapan nilai zat terbang (*volatile matter*). Penetapan nilai *fix carbon* ini dilakukan menggunakan kalkulasi total atau secara pengukuran tidak langsung dengan menghitung sisa persentase dari nilai kandungan air, abu, dan *volatile matter* dalam sampel karbon aktif.

Pada sampel karbon aktif dari bahan ampas tebu ini diperoleh nilai *fix carbon* sebesar 70,00 %, nilai ini telah memenuhi kriteria yang ditetapkan SNI 06-3730-1995 yaitu minimal 65%. Semakin besar nilai kandungan *fix carbon* maka kualitas karbon aktif semakin baik, karena nilai abu dan *volatile matter* yang dikandung akan semakin kecil. Kandungan *fix carbon* dalam sampel karbon aktif ini juga dipengaruhi dengan adanya kandungan selulosa atau liginin yang dapat berkonversi membentuk karbon didalam sampel.

Daya Serap Iodine

Parameter daya serap iodine merupakan parameter yang penting untuk menilai kualitas karbon aktif yang menyerap partikel yang berukuran lebih kecil dari 10Å. Daya serap iodine ini biasanya digunakan sebagai indikator utama untuk menentukan kualitas karbon aktif. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kapabilitas karbon aktif dalam mengadsorbsi larutan berwarna/kotoran yang ada pada sampel. Kemampuan karbon aktif menyerap zat secara optimal apabila karbon aktif sudah dikondisikan ke dalam

keadaan bebas air sehingga pori karbon aktif tidak terhalangi oleh kandungan air dalam sampel.

Pada karbon aktif dari ampas tebu diperoleh nilai daya serap iodine sebesar 816,41 mg/g. Berdasarkan standar keberterimaan SNI 06-3730-1995, maka nilai daya serap iodine karbon aktif ini sudah memenuhi standar. Artinya, karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap pengotor yang dapat mencemari air. Proses adsorpsi menggunakan adsorbat iodine merupakan jenis adsorpsi fisika dimana adsorbat tidak menembus masuk ke dalam adsorben. Energi yang digunakan pun merupakan energi ikatan yang kecil dimana ion-ion adsorbat yang terikat oleh adsorben dapat dilepas kembali.

Nilai daya serap yang ditunjukkan sampel adsorben ampas tebu ini menunjukkan kemampuan karbon aktif dalam proses adsorpsi, semakin besar nilai daya adsorpsinya terhadap iodine maka dapat dikatakan luas permukaan karbon aktif pun semakin besar. Hal ini terjadi karena dalam pembuatan karbon aktif penghalusan dilakukan hingga ukuran yang sangat kecil yaitu 200 mesh. Tujuannya agar luas permukaannya semakin besar sehingga kontak adsorpsi akan semakin besar pula. Aktivasi dengan cara penggabungan antara menggunakan zat kimia dan proses oksidasi fisika ini dapat mempermudah terbukanya pori karbon aktif sehingga memiliki luas permukaan penyerapan serta kemampuan daya serap yang besar.

Pengaruh Karbon Aktif Ampas Tebu

Hasil analisis pengaruh karbon aktif ampas tebu terhadap penurunan kadar besi dan mangan dengan pelakuan yang berbeda. Pelakuan ini dengan variasi bobot karbon aktif sebanyak 1gr, 2gr, dan 3gr serta perlakuan lain dengan pengaruh waktu kontak adsorben selama 30, 60, dan 90 menit. pengujian karbon aktif dilakukan pada sampel limbah air asam tambang. Pengujian awal pengukuran kadar besi dan mangan menunjukkan konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 22,1 mg/L dan 10,3 mg/L. Hal ini berarti bahwa nilai-nilai tersebut masih melampaui nilai ambang batas atau standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh KepmenLH (2003). Tabel 4 menyajikan baku mutu air limbah bagi

usaha dan atau kegiatan pertambangan batu bara.

Hasil pengujian awal, limbah air asam tambang masih jauh diatas nilai ambang batas yang diperbolehkan. Tingginya kadar besi dan mangan menunjukkan perlu adanya *treatment*. Salah satu *treatment* yang dapat dilakukan yaitu dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif. Sifat fisik karbon aktif yang memiliki pori-pori, sehingga memungkinkan adsorbat di dalam limbah air asam tambang dapat diserap. Pengujian karbon aktif yang telah diaktivasi oleh HCl 0,1 N menggunakan 2 variabel bebas, yaitu bobot karbon aktif dan lamanya waktu kontak karbon aktif dengan limbah air asam tambang. Berdasarkan hasil uji di laboratorium, nilai parameter uji karbon aktif dinyatakan sudah memenuhi syarat keberterimaan sesuai SNI 06-3730-1995.

Tabel 4. Baku mutu air limbah pada pertambangan batu bara

| Parameter | Kadar (mg/L) |
|--------------|--------------|
| Kadar Besi | 7 |
| Kadar Mangan | 4 |

Efektivitas Penurunan Kadar Besi-Mangan

Pengontakan karbon aktif terhadap sampel limbah air asam tambang dilakukan dengan sistem *batch* yang mencampurkan adsorben pada larutan yang tetap jumlahnya pada selang waktu yang berbeda kemudian diamati perubahan kualitasnya. Hasil uji penurunan kadar besi dan mangan pada limbah air asam tambang dengan menggunakan karbon aktif ampas tebu teraktivasi HCl 0,1 N dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6. Pada Tabel 5, setelah terjadi kontak dengan karbon aktif ampas tebu maka terjadi penurunan kadar besi. Efektivitas Penurunan kadar besi pada sampel limbah air asam tambang berkisar antara 21,72% hingga 79,65% dengan bobot optimum 3gr tetapi waktu kontaknya lebih singkat yaitu 60 menit (Gambar 5). Pada penelitian Asbahani (2013) kondisi efektivitas adsorpsi besi (Fe) terjadi pada karbon aktif ampas tebu mencapai 90,34%, bobot optimum 2gr, dan waktu kontak selama 90 menit. Sedangkan penelitian Hayati et al. (2015) efektivitas penurunan kadar besi menggunakan karbon aktif ampas tebu sebesar 88,00% dengan waktu kontak selama 120 menit.

Pada Gambar 1, efektivitas adsorpsi kadar besi terbaik pada waktu kontak 60 menit yaitu 79,65% dan bobot karbon aktif 3gr. Dibandingkan antara dosis 1gr, 2gr dan 3gr maka yang paling efektif pada penelitian ini adalah dosis 3gr dengan efektivitas mencapai 79,65% dan kadar besi sebesar 4,5 mg/L. Parameter selanjutnya yang dianalisis yaitu kadar mangan, dapat dilihat pada Tabel 6.

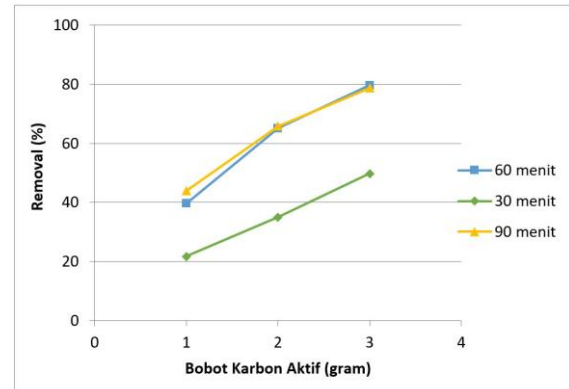
Tabel 5. Kemampuan karbon aktif ampas tebu penurun kadar besi pada limbah air asam tambang

| Waktu Kontak (menit) | Bobot Karbon Aktif (g) | Kadar Fe Awal (mg/L) | Kadar Fe Akhir (mg/L) | Persen <i>Removal</i> (%) | Rerata Persen <i>Removal</i> (%) |
|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 30 (B1) | 1 (A1) | 22,1 | 17,1 | 22,62 | 21,72 |
| | | | 17,5 | 20,81 | |
| | | | 14,6 | 33,94 | 35,07 |
| 30 (B1) | 2 (A2) | 22,1 | 14,1 | 36,20 | 49,78 |
| | | | 10,9 | 50,68 | |
| 60 (B2) | 1 (A1) | 22,1 | 11,3 | 48,87 | 39,59 |
| | | | 13,0 | 41,18 | |
| | | | 13,7 | 38,00 | |
| 60 (B2) | 2 (A2) | 22,1 | 7,9 | 64,25 | 65,16 |
| | | | 7,5 | 66,06 | |
| 60 (B2) | 3 (A3) | 4,6 | 79,19 | 79,65 | |
| 90 (B3) | 1 (A1) | 22,1 | 4,4 | 80,10 | 43,89 |
| | | | 12,8 | 42,08 | |
| | | | 12,0 | 45,70 | |
| 90 (B3) | 2 (A2) | 22,1 | 7,3 | 66,97 | 65,84 |
| | | | 7,8 | 64,71 | |
| 90 (B3) | 3 (A3) | 22,1 | 4,8 | 78,28 | 78,74 |
| | | | 4,6 | 79,19 | |

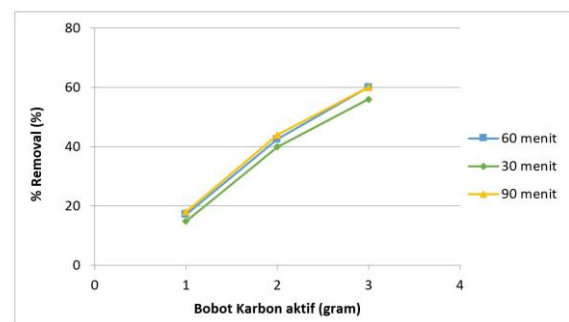
Keterangan: A = Bobot Karbon Aktif (gram)
 B = Waktu Kontak (menit)

Berikut dapat diamati lebih jelas tren penurunan kadar mangan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, penambahan bobot adsorben dan waktu kontak berpengaruh terhadap % *removal* dari kadar mangan. Dari tiga variasi perlakuan waktu kontak karbon aktif dengan sampel limbah air asam tambang yang dilakukan, didapatkan % *Removal* terbesar yaitu 60,00% dan kadar mangan sebesar 4,12 mg/L. Nilai tersebut diperoleh pada waktu kontak 60 menit dengan penambahan adsorben sebanyak 3gr.

Pada Tabel 6 kondisi optimum penurunan kadar mangan pada variasi A3B2, yaitu penambahan 3gr adsorben dan waktu kontak 60 menit terhadap 100 ml limbah air asam tambang. Penurunan kadar mangan tersebut berkisar antara 14,81% – 60,00%.



Gambar 1. Grafik hubungan antara % *removal* kadar besi terhadap bobot karbon aktif



Gambar 2. Grafik hubungan % *removal* kadar mangan terhadap bobot karbon aktif

Tabel 6. Kemampuan karbon aktif ampas tebu penurun kadar mangan pada limbah air asam tambang

| Waktu Kontak (menit) | Bobot Karbon Aktif (g) | Kadar Mangan Awal (mg/L) | Kadar Mangan Akhir (mg/L) | Persen <i>Removal</i> (%) | Rerata Persen <i>Removal</i> (%) |
|----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 30 (B1) | 1 (A1) | 10,3 | 8,82 | 14,37 | 14,81 |
| | | | 8,73 | 15,24 | |
| 30 (B1) | 2 (A2) | 10,3 | 6,28 | 39,03 | 39,95 |
| | | | 6,09 | 40,87 | |
| 30 (B1) | 3 (A3) | 4,59 | 55,44 | 55,93 | |
| 60 (B2) | 1 (A1) | 10,3 | 4,49 | 56,41 | 17,14 |
| | | | 8,52 | 17,28 | |
| | | | 8,55 | 16,99 | |
| 60 (B2) | 2 (A2) | 10,3 | 5,90 | 42,72 | 42,48 |
| | | | 5,95 | 42,23 | |
| 60 (B2) | 3 (A3) | 4,10 | 60,19 | 60,00 | |
| 90 (B3) | 1 (A1) | 10,3 | 4,14 | 59,81 | 17,97 |
| | | | 8,43 | 18,16 | |
| | | | 8,47 | 17,77 | |
| 90 (B3) | 2 (A2) | 10,3 | 5,80 | 43,67 | 43,92 |
| | | | 5,75 | 44,17 | |
| 90 (B3) | 3 (A3) | 10,3 | 4,15 | 59,71 | 60,00 |
| | | | 4,09 | 60,29 | |

Keterangan: A = Bobot Karbon Aktif (gram)
 B = Waktu Kontak (menit)

Efektivitas penurunan kadar mangan dengan menggunakan karbon aktif ampas tebu lebih

besar dari hasil uji Agustiyani et al. (2014) yaitu sebesar 49,67%. Sedangkan, jika dibandingkan dengan penelitian Gobel (2018) yang menggunakan *fly ash* sebagai adsorben memiliki nilai efektivitas yang lebih besar dari karbon aktif ampas tebu yaitu sebesar 81,77%. Proses adsorpsi dapat dipengaruhi oleh bobot dan waktu kontak. Pada proses penurunan kadar Fe menunjukkan bahwa, hasil efektivitas penurunan paling besar pada perlakuan bobot karbon aktif 3gr dan waktu kontak 60 menit yaitu 79,65%. Sedangkan pada kadar Mn menunjukkan hasil efektivitas penurunan paling besar pada perlakuan bobot karbon aktif 3gr dengan waktu kontak 60 menit yaitu 60,00%. Proses adsorpsi terbaik ditentukan berdasarkan efektivitas karbon aktif dalam mengadsorpsi besi maupun mangan dengan variasi bobot dan waktu tertentu. Pada saat bobot karbon aktif dan waktu kontak mencapai nilai maksimal pada proses adsorpsi maka bobot dan waktu kontak tersebut dijadikan sebagai dosis dan waktu kontak terbaik. Menurut Asbahani (2013), kemampuan karbon aktif ampas tebu yang baik untuk menurunkan kadar Fe adalah pada dosis 2gr dan waktu kontak 90 menit, dengan efektivitas adsorpsi mencapai 90,34%. Selain itu, menurut Agustiyani et al. (2014), penurunan kadar Mn setelah ditambahkan karbon aktif optimum pada dosis 3gr karbon aktif dengan efektivitas penurunan sebesar 49,67%.

Penggunaan dosis karbon aktif ampas tebu, tidak jauh berbeda dengan uji karbon aktif tongkol jagung, kulit singkong, dan kulit pisang. Hasil pengujian Antika et al. (2019) dibutuhkan 3gr karbon aktif tongkol jagung untuk mencapai kondisi penurunan efektif pada kadar besi dan mangan. Penelitian Abdi et al. (2015) membutuhkan 5gr karbon aktif kulit pisang. Sedangkan Jusmanizah (2011) memerlukan 2gr karbon aktif kulit singkong. Selanjutnya, kadar Mn dalam limbah air asam tambang sesuai baku mutu air limbah adalah 4 mg/L. Hasil uji menunjukkan bahwa penurunan mangan paling efektif hanya mampu sampai 4,12 mg/L artinya, penurunan kadar mangan oleh karbon aktif ampas tebu kurang baik jika dibandingkan dengan penurunan kadar besi. Semakin banyak dosis karbon aktif yang ditambahkan maka akan semakin banyak logam besi dan mangan yang terserap kedalam pori-pori. Logam Fe dan Mn

yang telah diadsorpsi oleh pori-pori karbon aktif dari limbah air asam tambang akan berkurang sehingga kadar Fe dan Mn pada limbah tersebut akan berkurang.

Berdasarkan variasi waktu kontak, efektivitas penurunan kadar besi dan mangan terbaik pada waktu kontak 60 menit. Pada kondisi ini, karbon aktif memerlukan waktu yang cukup sehingga dapat mengadsorpsi zat organik maupun anorganik secara optimal. Logam besi dan mangan yang terikat di dalam pori-pori akan semakin banyak kesempatan untuk bersinggungan jika waktu kontak semakin lama. Sementara, efektivitas adsorpsi alami penurunan pada waktu kontak 90 menit. Menurut Syauqiah et al. (2011) lama waktu kontak berbanding lurus dengan penurunan tingkat kadar Fe karena proses penyerapan adsorbat oleh adsorben. Hal ini dimungkinkan karena proses desorpsi, yaitu pelepasan kembali adsorbat. Pada kondisi lain, Ningsih et al. (2016) dan Shafirinia et al. (2016) menyebutkan bahwa permukaan adsorbat yang telah jenuh dapat menyebabkan terjadinya desorpsi, dimana waktu kontak tidak lagi berpengaruh karena laju adsorpsi menjadi berkurang pada keadaan jenuh.

Pemanfaatan limbah ampas tebu sebagai adsorben untuk menurunkan kadar Fe dan Mn dalam limbah air asam tambang menunjukkan bahwa, karbon aktif limbah ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben dengan efektivitas penurunan terbaik pada perlakuan dengan bobot karbon aktif 3gr dan waktu kontak 60 menit dengan efektivitas penurunan kadar Fe dan Mn sebesar 79,65 dan 60,00%. Berdasarkan variasi bobot diketahui bahwa penambahan jumlah karbon aktif berpengaruh positif pada kemampuan zat organik terserap ke dalam pori pori karbon aktif. Sehingga, kadar Fe dan Mn semakin kecil.

KESIMPULAN

Hasil evaluasi pada variabel-variabel yang diuji, terdapat perbedaan pada sistem pengolahan adsorben dan sistem pengolahan alternatif lainnya. Kualitas arang aktif ampas tebu telah sesuai standar keberterimaan SNI No. 06-3730-1995 hal ini ditunjukkan oleh parameter uji kadar air sebesar 6,09%, kadar abu 5,11%, *volatile matter* 18,80%, *fix carbon* 70,00%, dan daya serap iodine 816,41 mg/L. Kondisi optimum diperoleh pada variasi

perlakuan dengan penambahan adsorben sebanyak 3gr dan waktu kontak 60 menit. Tingkat persentase efektivitas penurunan kadar besi pada limbah air asam tambang sebesar 79,65% sedangkan penurunan kadar mangan sebesar 60,00%.

Disarankan penggunaan ICP-MS untuk pengukuran kadar besi dan mangan perlu memperhatikan kondisi fisik sampel. Dimana, jika kondisi fisik sampel berwarna hendaknya melakukan pengenceran bertingkat supaya matriks warna dapat dihilangkan. Pada penelitian lanjutan, perlu dibuatkan variasi bobot karbon aktif yang lebih besar agar didapatkan efektivitas penurunan kadar mangan yang lebih tinggi, sehingga kadar mangan dalam limbah air asam tambang dapat sesuai dengan syarat keberterimaan sesuai Keputusan Meneg LH nomor 113 tahun 2003 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batu bara.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengukuran konsentrasi besi dan mangan, alkalinitas dalam mg/l sebagai CaCO_3 , pH, total padatan tersuspensi (TSS), jarak antara tempat air masuk ke kolam pengendap (total padatan terlarut/TDS). Kandungan TDS merupakan faktor penting bagi kondisi kualitas air asam tambang di perairan (Sukwika dan Putra, 2018), Nasir et al. (2014) dan (Mu'ammam, 2018) menyebutkan bahwa pengolahan air asam tambang dapat diuji dengan parameter pH, TDS, Kadar Mn dan Fe.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., Khair, R. M., & Saputra, M. W. 2015. Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok sebagai karbon aktif untuk pengolahan air sumur kota Banjarbaru: Fe dan Mn. *Jukung: Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1): 8-15. doi:10.20527/jukung.v1i1.1045
- Agustiyani, I. S., Ashar, T., & Nurmaini. 2014. Efektifitas karbon aktif sekam padi dalam menurunkan mangan (Mn) air sumur gali di kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan & Keselamatan Kerja*, 3(2): 1-7.
- Ali, R. M., Hendrawati, T. Y., Ismiyati, I., & Fithriyah, N. H. 2020. Pengaruh jenis adsorben terhadap efektifitas penurunan kadar timbal limbah cair recycle aki bekas. *Jurnal Teknologi*, 12(1): 87-92. doi:10.24853/jurtek.12.1.87-92
- Antika, R., Siregar, S. D., & Pane, P. Y. 2019. Efektivitas karbon aktif tongkol jagung dalam menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur gali di desa Amplas kecamatan Percut Sei Tuan kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Kesehatan Global*, 2(2): 81-92.
- APHA. 2012. *Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA)*. Washington: WEF.
- Asbahani. 2013. Pemanfaatan limbah ampas tebu sebagai karbon aktif untuk menurunkan kadar besi pada air sumur. *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 13(1): 105-114. doi:10.26418/jtsft.v13i1.2019
- Gobel, A. P. 2018. Efektifitas pemanfaatan fly ash batubara sebagai adsorben dalam menetralkan air asam tambang pada settling pond penambangan banko PT. Bukit Asam. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 2(1): 1-11. doi:10.31315/jmel.v2i1.2113
- Hayati, I. N., Sutrisno, J., Asmoro, P., & Sembodo, B. P. 2015. Arang aktif ampas tebu sebagai media adsorpsi untuk meningkatkan kualitas air sumur gali. *Jurnal WAKTU*, 13(2): 9-18.
- Jusmanizah. 2011. *Efektivitas karbon aktif kulit singkong dalam menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) air sumur gali di kabupaten Deli Serdang*. (Skripsi), Universitas Sumatera Utara, Medan. Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/33124>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2003 tentang Baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batu bara, (2003).
- Mu'ammam, I. M. 2018. *Analisis kualitas air lahan bekas tambang batu bara terhadap sifat kimia (ph dan konsentrasi logam Cd, Pb, Fe, Cu) dan sifat fisika (temperatur, konduktivitas, tds) di danau Biru kota Sawahlunto*. Universitas Andalas, Padang. Retrieved from <http://scholar.unand.ac.id/35861/>

- Nasir, S., Purba, M., & Sihombing, O. 2014. Pengolahan air asam tambang dengan menggunakan membran keramik berbahan tanah liat, tepung jagung dan serbuk besi. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(20): 22-30.
- Natarajan, K. A. 2018. Microbial aspects of acid mine drainage—mining environmental pollution and control. *Biotechnology of Metals*, 13: 395-432. doi:10.1016/B978-0-12-804022-5.00013-X
- Ningsih, D. A., Said, I., & Ningsih, P. 2016. Adsorpsi logam timbal (Pb) dari larutannya dengan menggunakan adsorben dari tongkol jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2): 55-60.
- Shafirinia, R., Wardana, I. W., & Oktiawan, W. 2016. Pengaruh variasi ukuran adsorben dan debit aliran terhadap penurunan khrom (Cr) dan tembaga (Cu) dengan arang aktif dari limbah kulit pisang pada limbah cair industri pelapisan logam (elektroplating) krom. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1): 1-9.
- Sukwika, T., & Putra, H. 2018. Analisis sedimentasi dan konsentrasi atmosfer pada zona mangrove di Muaragembong, Bekasi. *Jurnal Pengembangan Kota*, 6(2). doi:10.14710/jpk.6.2.186-195
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. 2011. Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *INFO TEKNIK*, 12(1): 11-20.

