

Penetralisiran Limbah Cair Rumah Sakit menggunakan Arang Aktif dari Tongkol Jagung

Gilang Mahardhika

Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
e-mail: gilang21197@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dari tongkol jagung terhadap penyerapan polutan B3 limbah cair rumah sakit. Metode eksperimental digunakan pada penelitian ini. Arang diaktivasi secara kimia dengan menggunakan H₂SO₄ 5% dan secara fisika dengan pemanasan dalam *furnace* pada suhu 700°C selama 2 jam. N₂ dialirkan pada saat proses pemanasan dalam *furnace*. Arang aktif digunakan sebagai adsorben dalam adsorpsi menggunakan prototip alat uji aliran kontinyu. Air limbah hasil adsorpsi diuji kandungan polutan yang masih tersisa. Hasil pengujian Parameter baku mutu air limbah sesuai dengan Perda DIY No. 7 Th. 2016 diperoleh hasil terbaik parameter COD pada variasi debit 0,5 L/menit dan waktu pengambilan sampel menit ke-0, BOD pada variasi debit 1 L/menit dan waktu pengambilan sampel menit ke-0, TDS pada variasi debit 0,5 L/menit dan waktu pengambilan sampel menit ke-10. Uji SEM juga dilakukan pada permukaan arang pada kondisi arang sebelum dan sesudah aktivasi, serta setelah digunakan sebagai adsorben pada adsorpsi air limbah cair rumah sakit.

Kata kunci: Tongkol jagung; Arang aktif; SEM; Adsorpsi; Limbah cair rumah sakit

Abstract

This research was conducted to determine the ability of activated charcoal from corncobs to absorb B3 pollutants in hospital liquid waste. The experimental method is used in this study. The charcoal is chemically activated using 5% H₂SO₄ and physically by heating it in a furnace at 700°C for 2 hours. N₂ flowed during the heating process in the furnace. Activated charcoal is used as an adsorbent in adsorption using prototypes of continuous flow testing devices. The adsorption liquid waste was tested for the remaining pollutant content. Test results The parameters of liquid waste quality standards in accordance with DIY Regulation No. 7 th. 2016 obtained the best results of COD parameters at 0.5 L / minute discharge variation and 0-minute sampling time, BOD at 1 L / minute discharge variation and 0-minute sampling time, TDS at 0.5 L / minute discharge variation minutes and 10-minute sampling time. SEM tests are also carried out on the charcoal surface under the condition of charcoal before and after activation, and after being used as an adsorbent in the adsorption of hospital wastewater.

Keywords: Corn cobs; Activated charcoal; SEM; Adsorption; Hospital liquid waste

1. PENDAHULUAN

Menurut World Health Organization (WHO), sekitar 75% sampai 90% limbah medis dari berbagai fasilitas kesehatan dapat dianggap tidak berbahaya, yang berarti 10-25% sisanya tidak dapat diabaikan [1]. Limbah ini dapat mengandung zat menular, zat radioaktif, dan zat beracun yang biasa disebut limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Limbah B3 tersebut harus dinetralkan terlebih dahulu mengingat bahaya yang ditimbulkan jika langsung dibuang tanpa adanya perlakuan lebih lanjut. Oleh karena itu, rumah sakit harus memiliki sarana

pengolahan air limbah yang disebut dengan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Arang aktif dari limbah industri dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan tambahan bahan lainnya seperti zeolit alam.

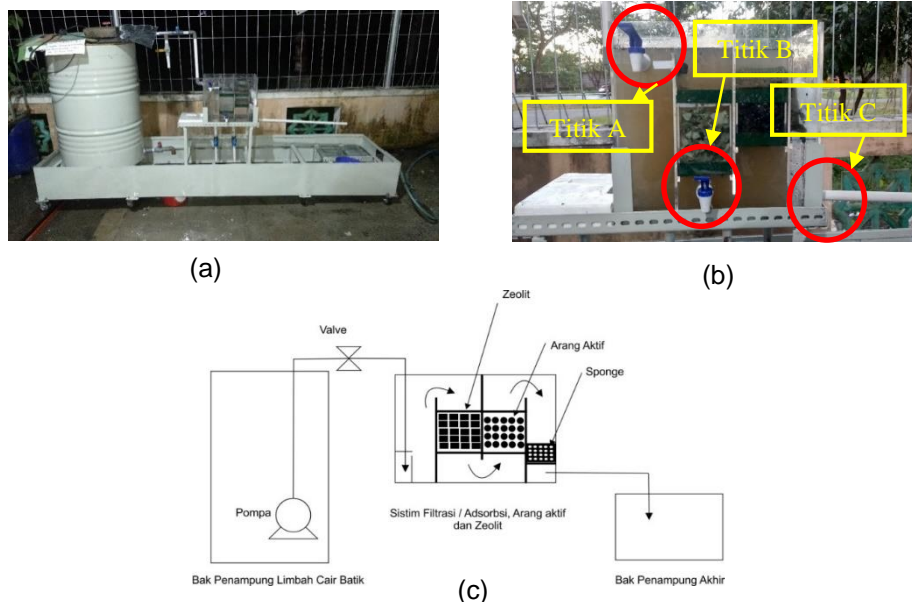
Arang aktif adalah arang yang telah melalui proses aktivasi sehingga memiliki luas permukaan internal dan porositas yang besar [2]. Luas permukaan yang besar menyebabkan kemampuan adsorpsi yang besar pada bahan kimia dari gas maupun larutan. Arang aktif mampu mengadsorpsi anion, kation, molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik sehingga digunakan sebagai adsorben polutan berkadarnya rendah pada produk-produk industri. Bahan baku pembuatan arang aktif dapat berasal dari berbagai limbah yang ada di lingkungan sekitar, antara lain limbah industri furniture, tempurung kelapa, sekam padi, tongkol jagung, dan bahan-bahan lainnya yang berpori. Oleh karena itu, pembuatan arang aktif dari tongkol jagung bisa menjadi solusi banyaknya limbah tongkol jagung yang dibuang begitu saja.

Limbah tongkol jagung menduduki tempat terendah (dalam jumlah) jika dibandingkan limbah pertanian lainnya. Areal tanaman jagung yang cukup luas dan umur tanamannya yang relatif pendek (sekitar 75-120 hari setelah masa tanam) sehingga dapat dipanen beberapa kali dalam setahun yang berakibat limbahnya yang berimbang dengan hasil pertanian lainnya [3].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Limbah cair diadsorpsi pada alat uji adsorpsi yang didalamnya berisi batu zeolit dan arang aktif. Limbah cair tersebut berasal dari inlet Instalasi Treatment Air Limbah (IPAL) RS PKU Muhammadiyah Gamping Yogyakarta.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung, batu zeolit, aquades, H₂SO₄, dan limbah cair rumah sakit. Alat yang digunakan yaitu retort, furnace, alat-alat bantu kimia (gelas ukur, pH indikator, pengaduk), alat pengaman diri (masker dan sarung tangan), timbangan, dan prototype alat uji adsorpsi limbah cair aliran kontinu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 (a) Prototipe Alat Uji Adsorpsi; (b) Seksi Uji Adsorpsi; (c) Skema Aliran

Pada Gambar 2.1 (b) terdapat 3 titik. Titik A merupakan kran untuk mengambil sampel awal limbah, titik B merupakan kran untuk pengambilan sampel limbah setelah di treatment menggunakan batu zeolit, Titik C adalah outlet setelah treatment batu zeolit dan arang aktif. Sampel diambil untuk keperluan pengujian di laboratorium untuk mengetahui sisa kandungan limbah setelah diadsorpsi.

Proses produksi arang tongkol jagung menggunakan retort dengan suhu operasi 450°C selama 3 jam atau hingga tidak ada asap putih yang keluar dari lubang keluaran asap. Setelah 3 jam, retort dibiarkan satu malam agar suhu pada ruang pemanasan turun hingga mencapai suhu lingkungan. Hal ini bertujuan untuk menghindari arang yang dibuat teroksidasi dan berubah menjadi abu. Setelah proses pembuatan arang selesai, proses selanjutnya adalah aktivasi arang menggunakan aktivasi kimia-fisika. Arang diaktivasi secara kimia dengan direndam dalam H₂SO₄ 24 jam, setelah direndam arang dicuci menggunakan aquades hingga pH ±6. Karena limbah yang akan dinetralkan adalah limbah klinis, sehingga aktivasi arang akan menggunakan H₂SO₄ agar permukaan arang aktif bersifat asam dan dengan mudah berinteraksi dengan polutan limbah dan logam basa.

Pada penelitian ini, ada 13 varian hasil olahan limbah, yaitu limbah cair setelah dendapkan (Titik A), limbah cair setelah diolah menggunakan batu zeolit (Titik B) dengan 3 variasi debit 0,5 L/menit, 1 L/menit, 1,5 L/menit, dan treatment limbah setelah melewati arang aktif dengan variasi debit dan waktu pengambilan sampel, diantaranya variasi 1 (Titik B dan C) debit 0,5 l/menit, variasi 2 (Titik B dan C) debit 1 l/menit, variasi 3 (Titik B dan C) debit 1,5 l/menit dan dilakukan 3 kali pengambilan sampel pada masing-masing variasi yaitu menit ke-0, menit ke-5, dan menit ke-10.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

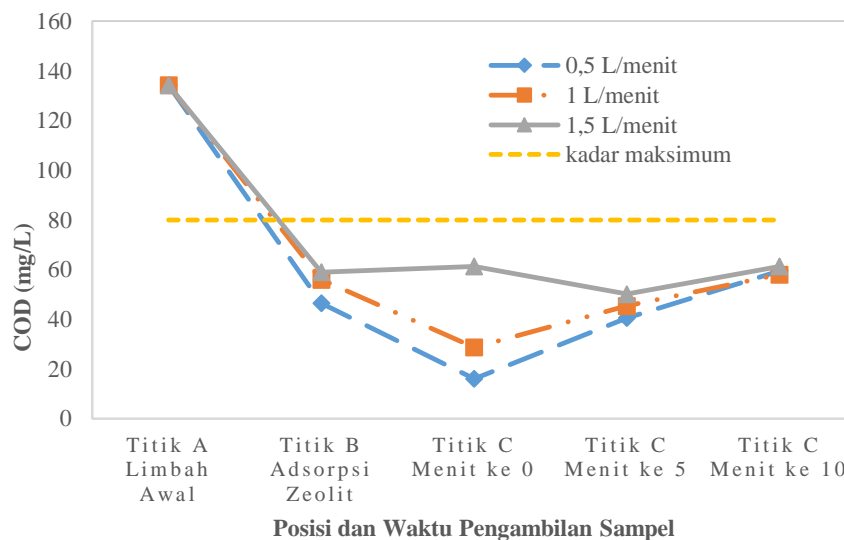
Setelah proses adsorpsi dan pengujian air limbah hasil olahan, tahap selanjutnya adalah analisis sisa kandungan polutan limbah yang telah diolah.

1) Chemical Oxygen Demand (COD)

Tabel 3.1 menunjukkan hasil penurunan kandungan COD sebelum dan setelah dilakukan treatment air limbah sedangkan Gambar 3.1 menunjukkan grafik hasil pengujian.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian COD

No.	Debit Air Limbah	Titik A Limbah Awal	Titik B Adsorpsi Zeolit	Titik C Menit ke 0	Titik C Menit ke 5	Titik C Menit ke 10
1	0,5 L/min	134,2	46,5	16,1	40,6	59,5
2	1 L/min	134,2	56	28,7	45,4	58
3	1,5 L/min	134,2	59	61,3	50,2	61,3



Gambar 3.1 Diagram Hasil Treatment Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif Terhadap Perubahan Kadar COD.

Kadar COD limbah awal sebelum dilakukan treatment yaitu sebesar 134,2 mg/L. Kadar ini masih di atas batas maksimum yang ditetapkan Perda DIY No. 7 Th. 2016 Lampiran II tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan rumah sakit yaitu 80 mg/L dan Keputusan Menteri

Lingkungan Hidup nomor : Kep-58/MENLH/12/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kesehatan rumah sakit yaitu 100 mg/L.

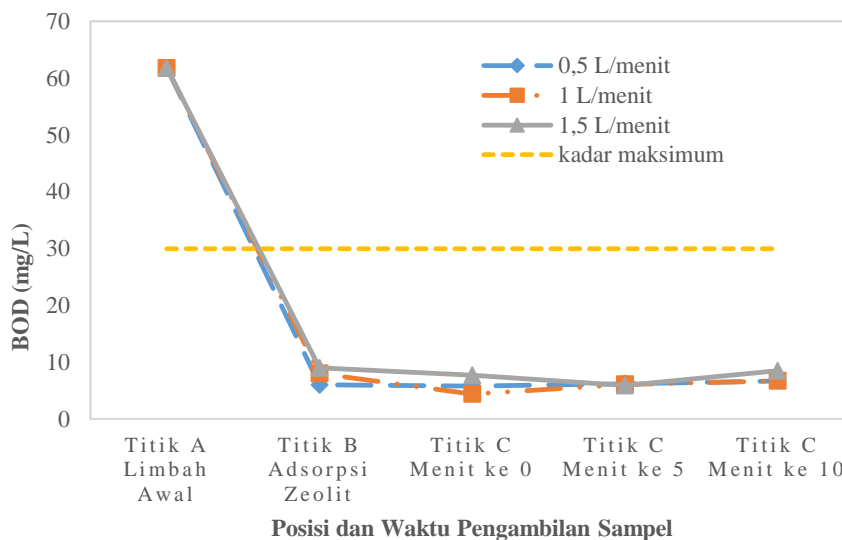
Kadar COD dilihat dari diagram di atas menunjukkan penurunan setelah treatment adsorpsi arang aktif pada debit 0,5 l/menit. Penurunan COD sudah berlangsung sejak air limbah berada pada bak pengendap, terjadi pengendapan partikel zat organik tersuspensi sehingga kebutuhan oksigen untuk oksidasi secara kimiawi berkurang. [4]

2) **Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

Tabel 3.2 menunjukkan hasil penurunan kandungan BOD sebelum dan setelah dilakukan treatment air limbah sedangkan Gambar 3.2 menunjukkan grafik hasil pengujian

Tabel 3.2 Hasil Pengujian BOD

No.	Debit Air Limbah	Titik A Limbah Awal	Titik B Adsorpsi Zeolit	Titik C Menit ke 0	Titik C Menit ke 5	Titik C Menit ke 10
1	0,5 L/min	61,8	6	5,8	6,2	6,7
2	1 L/min	61,8	8	4,4	6,1	6,7
3	1,5 L/min	61,8	9	7,7	5,9	8,5



Gambar 3.2 Diagram Hasil Treatment Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif Terhadap Perubahan Kadar BOD.

Kadar BOD limbah awal sebelum dilakukan treatment yaitu sebesar 61,8 mg/L. Kadar ini masih di atas batas maksimum yang ditetapkan Perda DIY No. 7 Th. 2016 Lampiran II tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan rumah sakit yaitu 30 mg/L. Penurunan kadar BOD terbesar terdapat pada adsorpsi arang aktif dengan debit aliran 1 l/menit pada waktu pengambilan menit ke 0. Kadar BOD dapat dijadikan indikasi kadar zat organik pada limbah cair tersebut. Nilai BOD dalam air limbah rumah sakit tinggi dikarenakan rumah sakit memproduksi semua unsur organik antara lain urin, karbohidrat, lemak, dan protein, serta kegiatan medis lainnya [4].

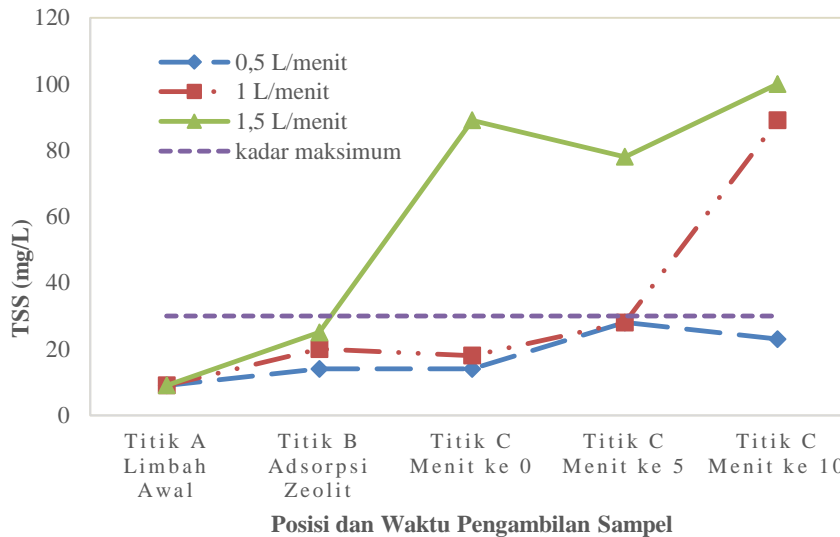
Perubahan kadar BOD mirip dengan perubahan kadar COD, karena adanya pengendapan partikel tersuspensi, penurunan dimulai dari bak pengendapan [5]. Kadar BOD dapat menurun seiring dengan waktu tinggal padatan tersuspensi organik yang akan terurai secara alami oleh bakteri yang terdapat pada limbah.

3) **Total Suspended Solid (TSS)**

Tabel 3.3 menunjukkan hasil penurunan kandungan BOD sebelum dan setelah dilakukan treatment air limbah sedangkan Gambar 3.3 menunjukkan grafik hasil pengujian

Tabel 3.3 Hasil Pengujian TSS

No.	Debit Air Limbah	Titik A Limbah Awal	Titik B Adsorpsi Zeolit	Titik C Menit ke 0	Titik C Menit ke 5	Titik C Menit ke 10
1	0,5 L/min	9	14	14	28	23
2	1 L/min	9	20	18	28	89
3	1,5 L/min	9	25	89	78	100



Gambar 3.3 Diagram Hasil Treatment Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif Terhadap Perubahan Kadar TSS.

Terjadi kenaikan kadar TSS pada setiap treatment yang dilakukan. Pada limbah awal sebesar 9 mg/L naik menjadi 14, 20, dan 25 mg/L pada treatment adsorpsi zeolit. Kenaikan kadar TSS juga terjadi pada adsorpsi menggunakan arang aktif. Kenaikan ini dapat disebabkan oleh butiran-butiran arang aktif maupun batu zeolit berukuran kurang dari 2 mikro-meter yang terbawa aliran karena debit aliran yang semakin besar.

Berdasarkan diagram di atas, kadar TSS pada beberapa variasi masih memenuhi standar baku mutu air limbah yang ditetapkan Perda DIY No. 7 Th. 2016 Lampiran II tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan rumah sakit sebesar 30 mg/L. Namun pada debit 1,5 l/menit kadar TSS sudah melebihi batas maksimum yang ditetapkan pemerintah.

4) **Analisis Kandungan Logam Berat**

Pada Tabel 3.4 – 3.6 akan ditunjukkan hasil pengujian kadar logam berat dari kondisi limbah awal, adsorpsi batu zeolit, dan adsorpsi arang aktif dengan berbagai variasi debit aliran dan waktu pengambilan.

Tabel 3.4 Hasil Treatment Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif Terhadap Perubahan Kandungan Cadmium

No.	Debit Air Limbah	Titik A Limbah Awal	Titik B Adsorpsi Zeolit	Titik C Menit ke 0	Titik C Menit ke 5	Titik C Menit ke 10
1	0,5 L/min	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034
2	1 L/min	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034
3	1,5 L/min	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034

Tabel 3.5 Hasil *Treatment* Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif Terhadap Perubahan Kandungan Krom

No.	Debit Air Limbah	Titik A Limbah Awal	Titik B Adsorpsi Zeolit	Titik C Menit ke 0	Titik C Menit ke 5	Titik C Menit ke 10
1	0,5 L/min	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213
2	1 L/min	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213
3	1,5 L/min	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213

Tabel 3.6 Hasil *Treatment* Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif Terhadap Perubahan Kandungan Timbal

No.	Debit Air Limbah	Titik A Limbah Awal	Titik B Adsorpsi Zeolit	Titik C Menit ke 0	Titik C Menit ke 5	Titik C Menit ke 10
1	0,5 L/min	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161
2	1 L/min	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161
3	1,5 L/min	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161

Pada tabel diatas, ditunjukkan hasil pengujian kandungan logam berat Cd, Cr, dan Pb. Parameter logam berat tidak termasuk dalam baku mutu air limbah rumah sakit yang ditetapkan oleh pemerintah. Namun, pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap perubahan kadar logam berat. Tabel 3.7 menunjukkan kadar maksimum logam berat Cd, Cr, dan Pb pada air limbah rumah sakit sebagai parameter tambahan sesuai dengan Perda DIY No. 7 Th. 2016.

Tabel 3.7 Baku Mutu Air Limbah dengan Parameter Tambahan

No	Parameter	Konsentrasi Paling Tinggi	
		Nilai	Satuan
1.	Kadmium (Cd)	0,05	mg/L
2.	Krom (Cr)	0,5	mg/L
3.	Timbal (Pb)	0,1	mg/L

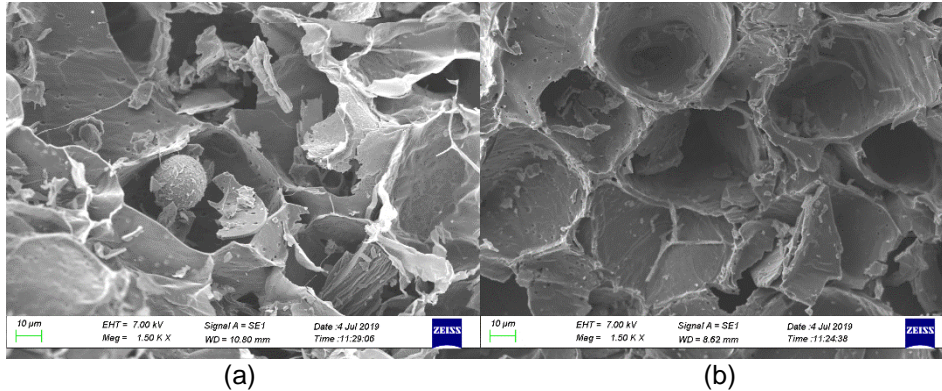
Sumber: Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit

Berdasarkan hasil pengujian air limbah rumah sakit, diperoleh kadar Cd <0,0034 mg/L, Cr <0,0213 mg/L, dan Pb <0,0161 mg/L. Hasil pengujian tersebut masih di bawah kadar maksimum yang ditentukan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup sehingga masih aman untuk dibuang langsung ke sungai. Parameter pada setiap variasi debit dan waktu pengambilan sampel diperoleh hasil di bawah kemampuan baca alat. Hal ini disebabkan karena kadar logam berat yang terdapat pada limbah cair rumah sakit cenderung kecil.

Pengolahan air limbah menggunakan arang aktif dengan metode aliran kontinyu sebenarnya kurang efektif, karena berat jenis logam berat cukup tinggi sehingga permukaan adsorben (arang aktif) tidak mampu menahan logam berat tersebut [6]. Oleh karena itu, untuk mengurangi dan atau menghilangkan kandungan logam berat dalam air limbah dengan adsorben arang aktif yang berbentuk serbuk halus akan lebih efektif dengan metode batch (pengadukan).

5) Analisis Morfologi Permukaan Arang dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

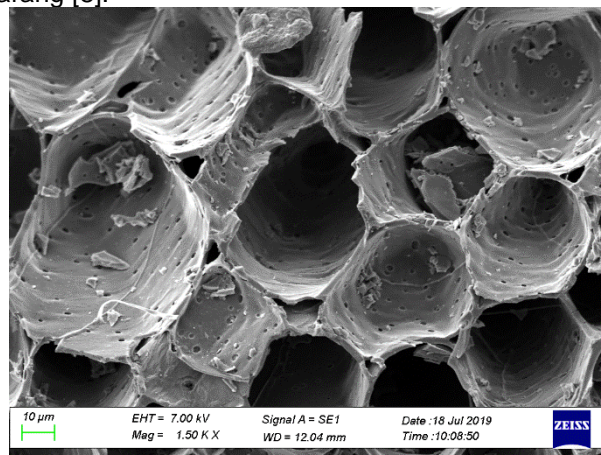
Analisis morfologi permukaan arang tongkol jagung dengan sem dilakukan pada 3 varian arang. Varian-varian arang tersebut di antaranya arang tongkol jagung sebelum diaktivasi, setelah diaktivasi pada suhu 700°C yang dialiri gas N2 dengan peremdaman terlebih dahulu dengan H2SO4, dan setelah digunakan sebagai adsorben pada adsorpsi limbah cair rumah sakit. Mesin yang digunakan dalam pengambilan foto morfologi permukaan arang adalah SEM Zeiss EVO 10 dengan perbesaran objek 1500 kali. Penggunaan SEM bertujuan untuk mengetahui perbedaan bentuk permukaan pada tiap-tiap varian arang.



Gambar 3.4 Mikrograf SEM Arang Tongkol Jagung sebelum aktivasi (a) tanpa aktivasi; (b) setelah aktivasi

Pada Gambar 3.4 (a) dan (b) terlihat adanya perubahan dari struktur permukaan arang. Pada arang tanpa aktivasi terlihat permukaannya tertutup oleh tar, hidrogen, dan senyawa organik lain yang terdiri dari air, sulfur, nitrogen, dan abu [7]. Berdasarkan Gambar 3.4 (a) permukaan arang terlihat sangat kotor, sedangkan pada Gambar 3.4 (b) terlihat permukaan arang terlihat jauh lebih bersih.

Yuningsih dkk (2016) dalam penelitiannya arang tanpa aktivasi dengan arang yang diaktivasi oleh KOH terlihat adanya perubahan dari struktur pori arang. Hal tersebut mengindikasikan bahwa aktivasi pada arang dapat membentuk dan menambah besaran pori. Pori-pori pada permukaan arang akan berpengaruh terhadap kemampuan arang sebagai adsorben, yaitu untuk mengadsorpsi suatu adsorbat [7]. Aktivasi arang dapat melepaskan volatile dan tar dari arang [8].



Gambar 3.5 Mikrograf SEM Arang Aktif Tongkol Jagung setelah digunakan sebagai Adsorben

Pada Gambar 3.5 arang aktif tongkol jagung yang telah digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi limbah cair rumah sakit terlihat pori-porinya terisi oleh kotoran yang dibawa oleh limbah cair rumah sakit. Jika dibandingkan dengan arang aktif setelah aktivasi pada Gambar 3.4 (b) arang aktif yang telah digunakan ini terlihat lebih kotor. Dengan demikian adsorben memiliki gaya tarik molekul lebih kuat dari adsorbat secara alami sehingga pori-pori akan terisi oleh adsorbat yang tertarik oleh arang [9].

4. KESIMPULAN

Kondisi limbah cair Rumah Sakit PKU Gamping belum sepenuhnya aman untuk langsung dibuang ke sungai karena beberapa parameter masih berada di atas batas maksimum yang ditetapkan Perda DIY No. 7 Th. 2016 Lampiran II tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan rumah sakit. Beberapa parameter tersebut adalah COD (Chemical Oxygen Demand) dan BOD (Biochemical Oxygen Demand).

Arang aktif dari limbah tongkol jagung dan batu zeolit dapat menetralkan limbah cair rumah sakit karena lolos dalam uji baku mutu air limbah (fenol, MBAS, ammonia bebas, TSS, COD, BOD, dan TDS). Hasil SEM (Scanning Electron Microscopy) pada arang aktif (Gambar 3.4 dan Gambar 3.5) memperkuat bukti bahwa arang aktif mampu mengadsorpsi partikel-partikel kotoran limbah cair tersebut. Dari hasil pengujian diperoleh hasil terbaik sebagian besar pada debit 0,5 L/menit dan pada pengambilan sampel menit ke-0. Hal ini dikarenakan arang aktif dapat maksimal dalam mengadsorpsi aliran yang lebih lambat, sedangkan dengan aliran yang lebih cepat, air akan cenderung melewati arang aktif dan adsorpsi tidak berjalan maksimal.

Hasil treatment penetralisan limbah cair rumah sakit dengan parameter logam berat diperoleh hasil yang sangat kecil di setiap parameternya. Hal ini dapat disebabkan karena kadar logam dalam limbah cair rumah sakit cenderung kecil. Selain itu metode adsorpsi dengan aliran kontinu tidak efektif karena berat jenis logam berat cukup tinggi sehingga permukaan adsorben (arang aktif) tidak mampu menahan logam berat tersebut

REFERENSI

- [1] Ali, M., Wang, W., Chaudhry, N., & Geng, Y. (2017). Hospital waste management in developing. *Waste Management & Research*, 1-12.
- [2] Ntuli, V., & Hapazari, I. (2013). Sustainable waste management by production of activated carbon from agroforestry residues. *South African Journal of Science*, 1-6.
- [3] Mahardhika, & Dewi, F. (2014). Analisis Pengembangan Usaha Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagung. *Jurnal Manajemen dan Organisasi*, 214-226
- [4] Suwondo, Syafi'i, W., & Amethys, R. F. (2016). Analisis Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob Sebagai Potensi Rancangan Lembar Kerja Siswa Biologi SMK. *Jurnal Biogenesis Vol. 13*, 123-130.
- [5] Said, N. I., & Ruliasih. (2005). Tinjauan Aspek Teknik Pemilihan Media Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah. 272-281.
- [6] Widodo, E. (2012). Kajian Eksperimental Efektifitas Arang Aktif Mesh 40 dari Limbah Serbuk Penggajian Kayu Jati dalam Penyerapan Polutan Limbah Cair dari Industri Batik di Tamansari Yogyakarta. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [7] Verayana, Papatungan, M., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh Aktivator HCL dan H3PO4 terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 67-75.
- [8] Yuningsih, L., Mulyadi, D., & A.J., K. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Aktif dari Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa terhadap Luas Permukaan dan Daya Serap Iodin. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan*, 30-34.
- [9] Bird, T. (1993). *Kimia Fiik Untuk Universitas*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.