

# PENETRALISIRAN LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT MENGUNAKAN ZEOLIT DAN ARANG AKTIF DARI LIMBAH MEBEL KAYU WARU

Ridho Bagus Bahtiar<sup>a</sup>, Sukamta<sup>b</sup>, Sudarja<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183  
e-mail: bahtiaridho5@gmail.com

---

## Intisari

Limbah cair rumah sakit merupakan pencemar lingkungan yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan serta ekosistem lingkungan. Pengolahan limbah cair rumah sakit bertujuan untuk menetralkan air limbah agar dapat dibuang dan tidak berdampak pada lingkungan sekitar. Arang aktif dan zeolit merupakan salah satu bahan yang berguna untuk menyaring dan menetralkan air limbah sebelum dibuang. Arang aktif juga dapat dibuat dari bahan limbah seperti potongan kayu, batok kelapa, tongkol jagung serta bahan yang mengandung karbon lainnya. Limbah dari sisa-sisa bahan kayu waru yang dihasilkan oleh mebel atau kerajinan kayu lainnya sangat banyak serta tidak ada nilai ekonomisnya dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan arang aktif. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan arang aktif dari limbah mebel kayu waru dan batu zeolit dalam menetralkan limbah cair rumah sakit yang melewati batas maksimum peraturan tentang baku mutu air limbah serta kandungan logam (kadmium, krom, dan timbal). Pembuatan arang aktif dimulai dengan karbonisasi bahan dengan *retort*, kemudian diaktivasi secara kimia menggunakan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Aktivasi fisika dilakukan dengan pengovenan kembali arang yang telah diaktivasi kimia dengan temperature 800 °C selama 2 jam. Proses adsorpsi pada penelitian menggunakan 2 variasi yaitu variasi debit aliran 0,5, 1, dan 1,5 liter/menit dan variasi waktu pengambilan sampel pada masing-masing debit aliran pada menit ke 0, 5, dan 10. Pengujian hasil adsorpsi limbah cair sesuai dengan Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 tentang air limbah untuk kegiatan rumah sakit. Hasil penelitian diperoleh nilai kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) setelah adsorpsi batu zeolit sebesar 46,5-59 mg/L dan setelah adsorpsi arang aktif dengan nilai kadar antara 25-51,3 mg/L dengan nilai kadar limbah awal sebesar 134,2 mg/L. Nilai kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) setelah adsorpsi batu zeolit yaitu 6-9 mg/L dan setelah adsorpsi arang aktif dengan nilai kadar antara 6,6-16,5 mg/L dengan nilai kadar limbah awal sebesar 61,8 mg/L. Nilai kandungan logam pada limbah cair tidak mengalami perubahan setelah dilakukannya adsorpsi dengan batu zeolit maupun arang aktif.

Kata Kunci: aktivasi, adsorpsi, nilai kadar, variasi, bahan

---

## 1. PENDAHULUAN

Limbah layanan kesehatan mencakup semua hasil buangan yang berasal dari instalasi kesehatan, fasilitas penelitian, dan laboratorium. Sekitar 75-90 % limbah yang berasal dari instalasi kesehatan merupakan limbah yang tidak mengandung risiko atau limbah umum dan menyerupai limbah rumah tangga. Limbah tersebut kebanyakan berasal dari aktivitas administrative dan keseharian instalasi, disamping limbah yang dihasilkan selama pemeliharaan bangunan instalasi tersebut (Prüss & Rushbrook, 1999).

Limbah cair rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemar bagi kesehatan lingkungan yang berdampak negatif seperti kesehatan, kehidupan biotik, serta penurunan kualitas lingkungan. Limbah cair ini mengandung bibit penyakit yang dapat menyebabkan pada kesehatan manusia (diare, kolera, penyakit cacing, dan tifoid) ataupun ekosistem lingkungan sehingga sebelum limbah dibuang ke lingkungan harus diolah terlebih dahulu (Mulyati, 2015).

Karbon aktif atau arang aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m<sup>2</sup> (didapat dari pengukuran adsorpsi gas

nitrogen). Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri (Marsh dan Rodriguez, 2006). Arang aktif biasanya digunakan untuk menyaring, menetralkan, serta penyerapan limbah yang dihasilkan oleh industri sebelum dibuang ke lingkungan maupun diolah menjadi energi terbarukan. Bahkan arang aktif dapat menjadi bahan baku dalam pembuatan produk farmasi atau bidang kesehatan seperti pasta gigi, sabun muka, penawar racun dan sebagainya.

Secara umum arang aktif ini dibuat dari bahan dasar batu bara atau biomassa yang mengandung unsur karbon yang besar. Bahan arang aktif juga dapat dibuat dari limbah biomassa seperti kulit kacang-kacangan, sisa-sisa dari hasil pertanian, perkebunan, limbah industri mebel, dan sebagainya. Proses pembuatan arang aktif dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pengaktifan secara kimia dan fisika, namun sekarang ini telah dikembangkan penggabungan antara metode fisika dan kimia untuk mendapatkan sekaligus kelebihan dari kedua pengaktifan tersebut.

Kayu waru merupakan kayu yang banyak digunakan dalam pembuatan bahan bangunan seperti pintu, meja, kursi, lemari, serta gagang perkakas. Kayu waru dipilih karena banyak ditemukan disekitar rumah serta harga yang lebih murah dari kayu jati sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Limbah dari potongan kayu waru yang terdapat pada mebel selama ini masih belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah tersebut biasanya hanya dibuang atau dibakar karena tidak ada nilai ekonomisnya. Limbah kayu ini dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk pembuatan arang aktif karena terdapat unsur karbon setelah melalui proses karbonisasi.

Berdasarkan uraian di atas dikatakan bahwa arang aktif dapat menyaring, menetralkan, serta penyerapan limbah yang dihasilkan oleh industri sebelum dibuang ke lingkungan maupun diolah menjadi energi terbarukan. Bahan arang aktif juga dapat dibuat dari limbah biomassa seperti kulit kacang-kacangan, sisa-sisa dari hasil pertanian, perkebunan, limbah industri mebel dan bahan yang mengandung unsur karbon. Limbah dari sisa-sisa bahan kayu waru yang dihasilkan oleh mebel atau kerajinan lainnya sangat banyak serta tidak ada nilai ekonomisnya dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan arang aktif. Serta dampak dari limbah cair rumah sakit yang dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan dan penurunan kualitas lingkungan jika limbah tersebut dibuang secara langsung. Rekayasa arang aktif dari limbah kayu waru untuk menetralkan limbah cair rumah sakit perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dari bahan limbah mebel kayu waru sebagai adsorben.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tahap persiapan alat dan bahan mulai dengan pengumpulan limbah potongan kayu waru, limbah ini didapat dari pengrajin mebel di daerah Purworejo, Jawa Tengah. Potongan kayu tersebut dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel pada kayu tersebut kemudian dijemur langsung di bawah terik matahari. Selain itu, batu zeolit juga harus dipersiapkan sebagai adsorben penyerap polutan limbah cair rumah sakit. Setelah baku siap, peralatan yang akan digunakan harus dikalibrasi serta dicek komponennya agar siap dipakai seperti *retort*, sarung tangan dan *tool set*.

### 2.2 Pembuatan Arang

Proses pembuatan arang menggunakan tungku pengarangan (*retort*) dengan kapasitas 2 kg sekali pembakaran atau sampai volume bahan baku memenuhi tungku *retort*. Sebelum pengarangan dilakukan, bahan baku kayu dijemur terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air. Hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu pembakaran. Semakin rendah kadar air maka akan semakin cepat proses pembakaran. Setelah kayu dijemur sampai kering, kemudian dimasukkan ke tungku *retort* sampai kayu memenuhi

ruang pembakaran. Temperatur yang digunakan pada pengarangan ini adalah 500 °C. Proses ini bertujuan untuk menguapkan air dan tar yang terkandung pada potongan kayu waru ke lingkungan untuk mendapatkan arang dan abu. Proses pengarangan dilakukan selama ± 3 jam atau sampai asap tidak keluar dari *retort*. Setelah itu, pendinginan arang dilakukan di dalam *retort* selama 24 jam sehingga suhunya sama dengan suhu ruangan. Selain untuk mendinginkan *retort*, hal tersebut juga bertujuan untuk memadamkan bara yang ada pada hasil pembakaran.

### 2.3 Pengaktifan Arang Kayu

Sebelum arang diaktifkan, arang dipotong menjadi lebih kecil dengan ukuran ± 8x8 mm. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan ukuran arang yang lebih seragam dan untuk memaksimalkan dalam proses penyerapan polutan dari limbah. Pada proses pengaktifan arang ini, pereaksi yang digunakan adalah asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) yang lebih dulu direaksikan dengan *aquades*. Untuk proses pengaktifan arang kayu waru dengan berat ± 1750 gram membutuhkan larutan sebanyak 16 liter larutan. Larutan tersebut terdiri dari 50 % asam sulfat dan 50 % *aquades* yang dilarutkan.

Proses perendaman selama 24 jam dengan menggunakan asam sulfat dengan *aquades* meninggalkan sisa-sisa zat asam yang dapat merusak logam ataupun alat yang akan digunakan proses selanjutnya. Maka daripada itu, sebelum proses pengovenan dan *furnace* arang yang telah direndam tersebut dinetralkan terlebih menggunakan *aquades* sampai kadar asam mendekati netral atau sama dengan kadar asam *aquades*. Proses *furnace* dilakukan secara bertahap karena kapasitas alat tersebut terbatas. Temperatur yang digunakan pada proses ini adalah 800 °C dengan waktu pemanasan selama ± 3 jam. Proses pemanasan ini bertujuan untuk mengembangkan pori-pori dan luas permukaan dari arang tersebut sehingga arang tersebut dapat menyerap polutan pada limbah cair.

### 2.4 Pengujian Adsorpsi Limbah Cair Rumah Sakit dengan Aliran Kontinu

Limbah cair rumah sakit didapatkan dari RS PKU Muhammadiyah Gamping Jl. Wates Km. 5,5 Ambarketwang, kec. Gamping, Sleman. Untuk sekali pengujian dibutuhkan sekitar 100 liter limbah cair rumah sakit. Sebelum pengujian dilakukan, limbah cair ditampung pada bak drum dan diendapkan selama 24 jam. Hal ini bertujuan untuk mengendapkan kotoran atau limbah yang berbentuk padat yang bisa menyumbat aliran pada proses pengujian. Adsorben yang akan digunakan seperti arang aktif kayu waru dan batu zeolit ditimbang terlebih dahulu sesuai kapasitas dari alat uji yang digunakan. Pada pengujian digunakan arang aktif kayu waru sebanyak 200 gram dan zeolit sebanyak 2 kg. Selain adsorben diatas, ada satu penyaring lagi yaitu filter *sponge* / busa yang biasa digunakan pada akurium. Penggunaan filter ini bertujuan untuk menyaring jika ada kotoran padat ataupun arang yang ikut terbawa aliran.

Proses adsorpsi adalah proses penyerapan polutan menggunakan arang aktif. Sebelum proses penyerapan limbah dilakukan, harus dipersiapkan terlebih dahulu limbah cair rumah sakit. Terdapat dua variasi dalam pengambilan sampel saat proses adsorpsi dilakukan yaitu variasi debit aliran dan variasi waktu dalam pengambilan sampel di setiap variasi debit aliran. Variasi debit aliran pada proses adsorpsi yaitu 0,5, 1, dan 1,5 liter/min, serta variasi waktu dalam pengambilan sampel di setiap debit aliran yaitu menit ke 0, 5, dan 10. Setelah sampel diambil, kemudian sampel diuji laboratorium untuk mengetahui kadar yang terdapat pada air limbah dengan parameter fenol, MBAS, NH<sub>3</sub>-N, TSS, COD, BOD, pH, dan TSS serta kandungan logam yang meliputi Kadmium (Cd), Krom (Cr), dan Timbal (Pb). Pengujian laboraotium dilakukan di di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Adapun pengujian *Scanning Electron Mikroskop (SEM)* dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Unit dan Plastik (PPUT) ATMI Solo.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kondisi Awal Limbah

Limbah yang diambil merupakan limbah cair dari RS PKU Muhammadiyah Gamping yang belum mengalami proses *treatment*. Limbah cair tersebut diuji kandungan fenol, MBAS, ammonia bebas (NH<sub>3</sub>-N), TSS, COD, BOD, pH, TDS, suhu serta kandungan logam yang terkandung dalam limbah cair tersebut dengan parameter Cd, Cr dan Pb. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai kadar limbah cair rumah sakit pada kondisi awal dan sebagai tolak ukur baku mutu air limbah setelah adsorpsi dilakukan.

Tabel 3.1. Hasil Uji Laboratorium Air Limbah *inlet* RS PKU Muhammadiyah Gamping

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	Kadar Maksimum (**)
1	Fenol	mg/L	0,0407	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	1,3562	SNI 06-6986.51-2005	5
3	Amonia Bebas (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,6134	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	9	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	134,2	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	61,8	SNI 6989.72-2009	30
7	pH	-	7,3	SNI 06-6989.11-2004	6,0-9,0
8	TDS	mg/L	802	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	28	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Kadmium (Cd)	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05 *)
11	Krom (Cr)	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2019	0,5 *)
12	Timbal (Pb)	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1 *)

Keterangan:

\*) : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Fasilitas Kesehatan Masyarakat

\*\*): (Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit (RSU Kelas B & C) (Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016)

#### 3.2 Analisis Hasil *Treatment* Adsorpsi Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Batu Zeolit dan Arang Aktif Limbah Mebel Kayu Waru

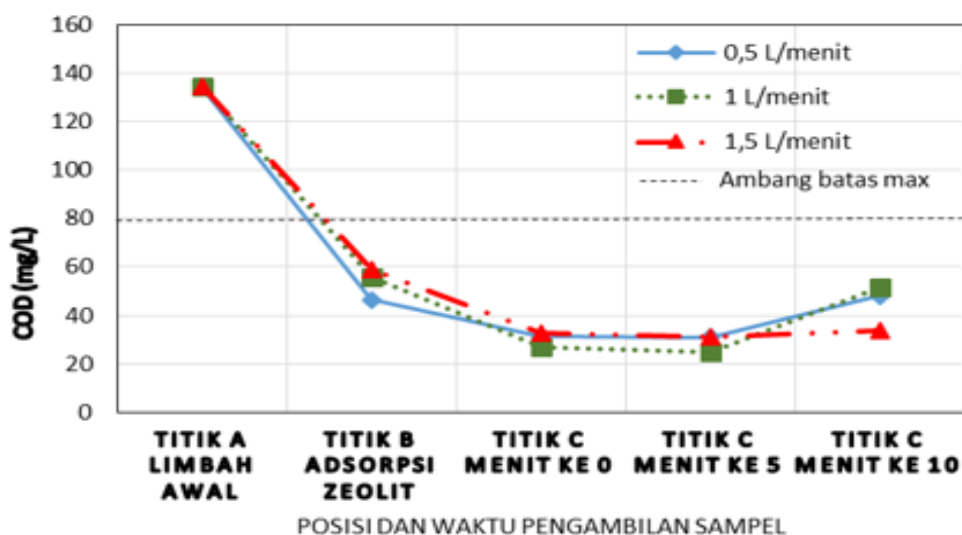
Dari hasil parameter yang diuji pada limbah cair RS sebelum diadsorpsikan terdapat parameter baku mutu air limbah yang dibawah standar atau tidak memenuhi syarat sesuai Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 yaitu pada nilai parameter COD dan BOD. Setelah diadsorpsi, parameter dari baku mutu air limbah tersebut mengalami perubahan.

##### 3.2.1 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia. Tabel 3.2. menunjukkan lima hasil pengujian kadar COD, mulai dari kondisi limbah awal, adsorpsi batu zeolit, dan adsorpsi batu zeolit dengan arang aktif dengan berbagai variasi debit aliran serta waktu pengambilan sampel.

Tabel 3.2. Hasil adsorpsi limbah cair rumah sakit dengan batu zeolit dan arang aktif terhadap perubahan kadar COD

No	Debit Aliran Limbah (L/min)	Limbah Awal (mg/L)	Adsorpsi Zeolit (mg/L)	Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif (mg/L)		
				Menit ke-0	Menit ke-5	Menit ke-10
				1	0,5	134,2
2	1	134,2	56	31	25	31
3	1,5	134,2	59	48	51,3	33,6



Gambar 3.1. Perubahan kadar COD

Kadar COD limbah awal sebelum dilakukan *treatment* yaitu sebesar 134,2 mg/L. Nilai kadar ini melebihi batas maksimum yang ditentukan oleh Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2006 yaitu 80 mg/L, sehingga pencemaran pada air limbah masih sangat besar. Kadar COD menunjukkan penurunan setelah *treatment* adsorpsi dilakukan baik dengan menggunakan batu zeolit maupun dengan batu zeolit dan arang aktif. Penurunan kadar COD limbah cair rumah sakit setelah dilakukan *treatment*, menunjukkan nilai kadar COD dibawah batas maksimum yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016.

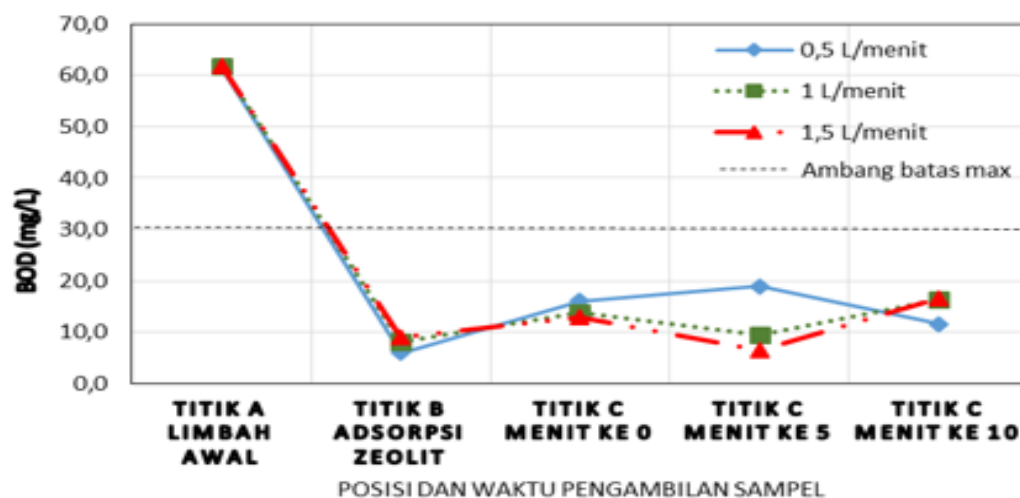
Menurut Wirosodarmo, dkk (2016) penurunan COD disebabkan oleh bahan-bahan organik sebagian telah diserap dan diikat oleh karbon aktif sehingga jumlah bahan organik yang ada dalam air limbah akan berkurang otomatis kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia berkurang. Kebutuhan oksigen untuk berkurang mengakibatkan COD dalam air limbah akan semakin menurun.

### 3.2.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oksigen untuk mendegradasi bahan buangan dalam air limbah. BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya namun hanya mengukur relatif jumlah oksigen yang diperlukan sehingga nilai BOD yang besar dapat menjadi acuan bahwa pencemaran pada air limbah tersebut juga besar (Wirosoedarmo dkk, 2016). Tabel 3.3 menunjukkan lima hasil pengujian kadar BOD, mulai dari kondisi awal, adsorpsi batu zeolit, dan adsorpsi batu zeolit dan arang aktif dengan variasi debit aliran serta waktu pengambilan sampel.

Tabel 3.3. Hasil adsorpsi limbah cair rumah sakit dengan batu zeolit dan arang aktif terhadap perubahan kadar BOD

No	Debit Aliran Limbah (L/min)	Limbah Awal (mg/L)	Adsorpsi Zeolit (mg/L)	Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif (mg/L)		
				Menit ke-0	Menit ke-5	Menit ke-10
1	0,5	61,8	6	16,1	13,8	13
2	1	61,8	8	19	9,4	6,6
3	1,5	61,8	9	11,6	16,4	16,5



Gambar 3.2. Perubahan kadar BOD

Kadar BOD limbah awal sebelum dilakukan *treatment* yaitu sebesar 61,8 mg/L. Nilai kadar ini melebihi batas maksimum yang ditentukan oleh Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2006 yaitu 30 mg/L, sehingga pencemaran pada air limbah masih sangat besar. Kadar COD menunjukkan penurunan setelah *treatment* adsorpsi dilakukan baik dengan menggunakan batu zeolit maupun dengan batu zeolit dan arang aktif. Penurunan kadar COD limbah cair rumah sakit setelah dilakukan *treatment*, menunjukkan nilai kadar COD dibawah batas maksimum yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016.



Dari gambar 3.2. menunjukkan perbedaan kadar BOD setelah dilakukan *treatment* air limbah antara batu zeolit dengan batu zeolit dan arang aktif. Perbedaan nilai kadar disebabkan oleh limbah cair RS yang diambil pada waktu yang berbeda sehingga mempengaruhi nilai kadar BOD setelah dilakukan *treatment* antara batu zeolit dengan batu zeolit dan arang aktif. Menurut Wiroseodarmo, dkk (2016) penurunan nilai BOD dari limbah awal dengan setelah dilakukan *treatment* disebabkan bahan buangan yang ada dalam air limbah akan ditarik dan diikat oleh arang aktif sehingga jumlah oksigen yang diperlukan akan menurun karena bahan buangan yang akan dipecah oleh mikroorganisme berkurang. Bahan buangan yang diikat oleh arang aktif semakin besar maka semakin kecil nilai BOD dari air limbah tersebut.

### 3.2.3 Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah besaran total dari seluruh padatan dalam cairan atau banyaknya partikel yang berukuran lebih besar dari 1  $\mu\text{m}$  yang tersuspensi dalam suatu kolam air. Tabel 3.4 menunjukkan lima hasil pengujian kadar TSS, mulai dari kondisi limbah awal, adsorpsi batu zeolit, dan adsorpsi batu zeolit dengan arang aktif dengan berbagai variasi debit aliran serta waktu pengambilan sampel.

Tabel 3.4 Hasil adsorpsi limbah cair rumah sakit dengan batu zeolit dan arang aktif terhadap perubahan kadar TSS

No	Debit Aliran Limbah (L/min)	Limbah Awal (mg/L)	Adsorpsi Zeolit (mg/L)	Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif (mg/L)		
				Menit ke-0	Menit ke-5	Menit ke-10
1	0,5	9	14	46	72	34
2	1	9	20	65	82	113
3	1,5	9	25	83	69	75



Gambar 3.3. Perubahan kadar TSS

Pada gambar 3.3, terjadi kenaikan kadar TSS pada setiap *treatment* yang dilakukan. Pada limbah awal kandungan TSS sebesar 9 mg/L naik menjadi 14 mg/L pada *treatment* adsorpsi dengan batu zeolit. Kenaikan kadar TSS berlanjut pada adsorpsi menggunakan batu zeolit dan arang aktif. Kenaikan ini disebabkan oleh butiran-butiran arang aktif maupun batu zeolit berukuran mikro yang terbawa aliran saat adsorpsi berlangsung. Nilai TSS limbah tidak bersifat toksik, hanya menambah nilai keruh air dan memperlambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air.

### 3.2.5 Kandungan Logam Pada Limbah Cair Rumah Sakit

Tabel 3.5-3.7 menunjukkan lima hasil pengujian kandungan logam pada limbah cair RS mulai dari kondisi limbah awal, adsorpsi batu zeolit, dan adsorpsi dengan batu zeolit dan arang aktif dengan berbagai variasi debit aliran dan waktu pengambilan sampel.

Tabel 3.5. Hasil *treatment* adsorpsi batu zeolit dan arang aktif terhadap perubahan kadar logam berat kadmium (Cd)

No	Debit Aliran Limbah (L/min)	Limbah Awal (mg/L)	Adsorpsi Zeolit (mg/L)	Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif (mg/L)		
				Menit ke-0	Menit ke-5	Menit ke- 10
				1	0,5	<0,0034
2	1	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034
3	1,5	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<0,0034

Tabel 3.6. Hasil *treatment* adsorpsi batu zeolit dan arang aktif terhadap perubahan kadar logam berat krom (Cr)

No	Debit Aliran Limbah (L/min)	Limbah Awal (mg/L)	Adsorpsi Zeolit (mg/L)	Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif (mg/L)		
				Menit ke-0	Menit ke-5	Menit ke- 10
				1	0,5	<0,0213
2	1	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213
3	1,5	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<0,0213



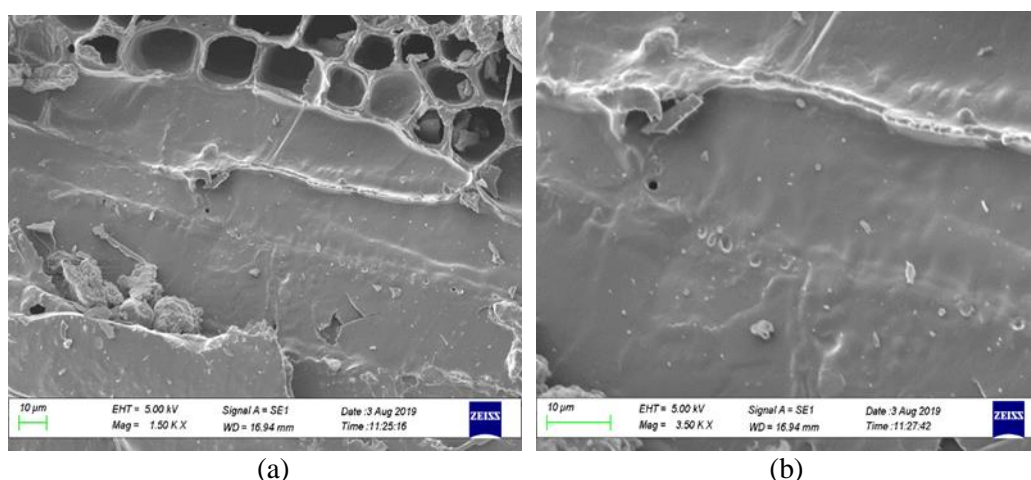
Tabel 3.7. Hasil *treatment* adsorpsi batu zeolit dan arang aktif terhadap perubahan kadar logam berat timbal (Pb)

No	Debit Aliran Limbah (L/min)	Limbah Awal (mg/L)	Adsorpsi Zeolit (mg/L)	Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif (mg/L)		
				Menit ke-0	Menit ke-5	Menit ke- 10
				1	0,5	<0,0161
2	1	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	
3	1,5	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	

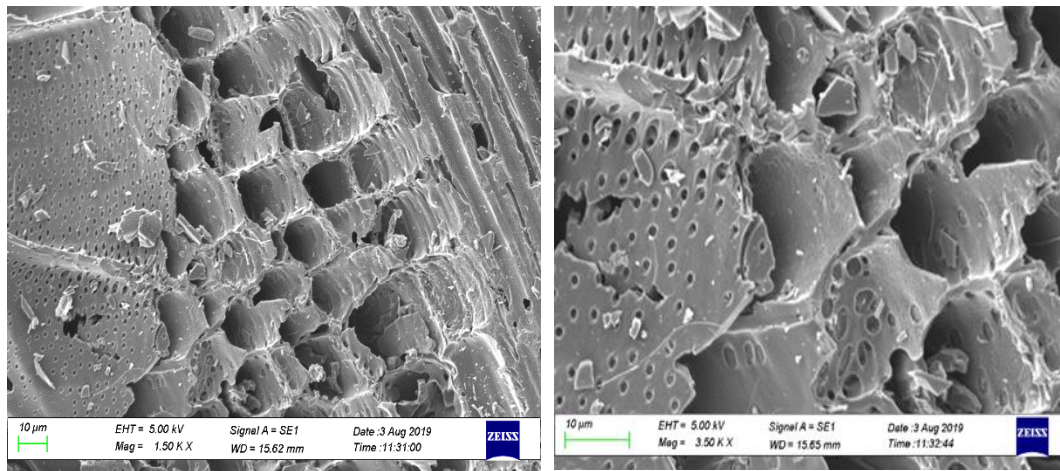
Parameter kandungan logam pada limbah cair fasilitas kesehatan masyarakat merupakan parameter tambahan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Parameter tersebut untuk pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun yang hasil pengolahannya disalurkan ke IPAL. Batas maksimum yang ditentukan yaitu untuk kadmium (Cd) sebesar 0,05 mg/L; untuk krom (Cr) sebesar 0,5 mg/L; untuk timbal (Pb) sebesar 0,1 mg/L. Dari hasil uji kandungan logam limbah cair RS PKU Muhammadiyah Gamping didapat hasil logam yang terkandung di dalam limbah cair tersebut dapat memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

### 3.2.6 Analisis Permukaan Arang Aktif dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Analisis morfologi permukaan arang aktif limbah mebel kayu waru dengan SEM dilakukan pada 3 varian arang. Varian-varian tersebut ialah arang limbah mebel kayu waru sebelum aktivasi dilakukan, arang yang sudah diaktivasi serta arang aktif setelah proses adsorpsi dengan limbah cair rumah sakit. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Unit dan Plastik (PPUT) ATMI Solo dengan menggunakan mesin untuk pengambilan foto morfologi permukaan arang adalah SEM Zeiss EVO 10 dengan perbesaran 1500 kali dan 3500 kali.



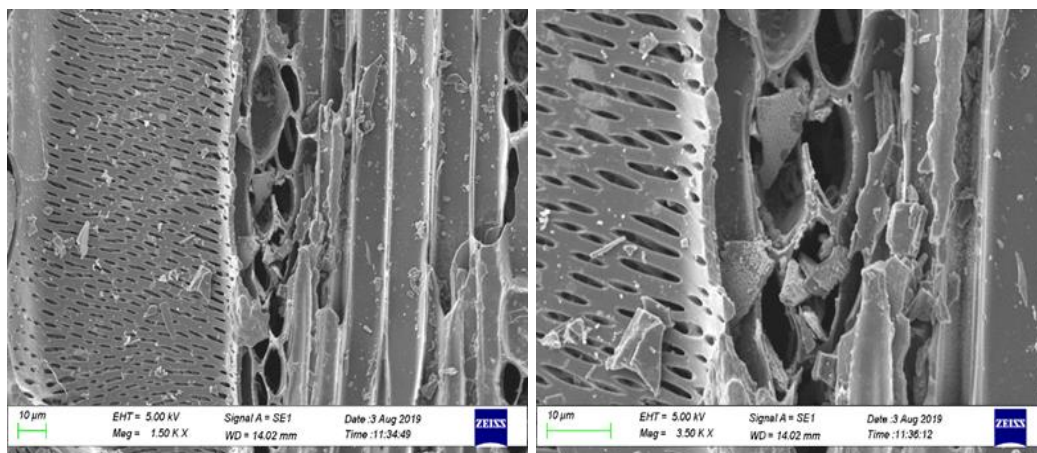
Gambar 3.4. Foto mikrostruktur material arang aktif limbah mebel kayu waru sebelum aktivasi (a) perbesaran 1500 kali; (b) perbesaran 3500 kali



(c) (d)  
 Gambar 3.5. Foto mikrostruktur material arang aktif limbah mebel kayu waru setelah aktivasi (c) perbesaran 1500 kali; (d) perbesaran 3500 kali

Pada gambar 3.4 foto mikrostruktur permukaan dari arang yang belum diaktivasi. Pada permukaan arang terdapat pori-pori dengan jumlah yang sedikit atau masih didominasi dinding-dinding dari arang yang belum terdapat pori-pori. Ukuran dari pori-pori yang terdapat pada permukaan arang yang belum diaktivasi juga masih belum terlalu lebar ataupun terbuka. Hal ini juga yang dapat menyatakan jika arang belum dikatakan aktif akan belum bisa digunakan sebagai adsorben untuk menetralsir limbah cair. Akan tetapi, pada gambar 3.5 arang yang telah diaktivasi terdapat pori-pori pada permukaan hasil aktivasi kimia serta aktivasi fisika yang telah dilakukan. Pada permukaan arang terdapat pori-pori dengan jenis mikroporus dan makroporus sesuai dengan ukuran dari setiap pori-pori tersebut. Pori-pori ini terbentuk pada bagian permukaan arang yang sebelum aktivasi masih tertutup sehingga menambah jumlah pori-pori yang terdapat pada permukaan arang.

Pori-pori pada permukaan arang tersebut akan menarik dan mengikat molekul organik yang berada di fase cair ketika cairan limbah melewati arang aktif pada proses adsorpsi dilakukan. Setelah zat-zat organik dalam cairan diserap (adsorpsi), kemudian zat organik tersebut ditahan di dalam permukaan arang aktif membentuk suatu lapisan atau film di permukaan arang aktif. Adsorpsi oleh arang aktif termasuk dalam adsorpsi fisik yaitu adsorpsi yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antar zat terlarut dan adsorben lebih besar dari pada daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben (Wirosodarmo dkk, 2016).



(e) (f)  
 Gambar 3.6. Foto mikrostruktur material arang aktif limbah mebel kayu waru setelah digunakan sebagai adsorben, (e) perbesaran 1500 kali; (f) perbesaran 3500 kali

Pada gambar 3.6 menunjukkan permukaan arang aktif setelah digunakan sebagai adsorben limbah cair RS. Pada permukaan arang aktif terlihat lebih banyak partikel-partikel yang menempel pada permukaan arang. Partikel-partikel merupakan zat-zat yang telah diserap dan diikat dari cairan limbah RS yang melewati arang aktif tersebut. Zat-zat yang telah diserap dan diikat pada permukaan arang perlahan-lahan akan menutupi atau memenuhi rongga-rongga pori yang terdapat pada permukaan arang aktif. Hal ini yang menyebabkan ukuran pori-pori pada permukaan arang mengalami perubahan yang cenderung lebar dan oval dengan sebelum digunakan yang cenderung bulat.

#### 4. KESIMPULAN

Batu zeolit dan arang aktif dapat menetralkan limbah cair rumah sakit PKU Muhammadiyah Gamping dari limbah awal dengan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 61,8 mg/L menjadi 6-19 mg/L serta kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 134,2 mg/L menjadi 25-59 mg/L. Nilai kadar tersebut di bawah ambang batas maksimal yang telah ditetapkan Peraturan Daerah DIY No.7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit Umum (RSU kelas B dan C). Dari hasil SEM menunjukkan bahwa arang setelah diaktivasi terdapat pori-pori pada permukaan arang (mikroporus dan makroporus) dari sebelum arang tersebut diaktivasi. Setelah arang digunakan menunjukkan bahwa pori-pori mengalami perubahan pada ukuran dan bentuk. Hal ini disebabkan oleh terserapnya partikel-partikel ataupun bahan organik yang terdapat pada limbah cair rumah sakit pada pori-pori arang aktif sehingga akan menghambat pertumbuhan bakteri pada limbah cair tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2016. Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit (RSU Kelas B dan C). *Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016*.
- \_\_\_\_\_. 2014. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Fasilitas Pelayanan Kesehatan. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014*.
- Prüss, A., E. G., & Rushbrook, P. (1999). Safe Management Of Wastes From Health-Care Activities. *Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC*.
- Mulyati, M. (2015). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Rk Charitas Palembang Dengan Value Engineering. *Jurnal Ilmiah TEKNO Vol.12 No.1*, 35-44
- Marsh, H., & Rodríguez-Reinoso, F. 2006. Activated Carbon (Origins). In *Activated Carbon*. <https://doi.org/10.1016/b978-008044463-5/50016-9>
- Wirosoedarmo, R., Tunggul, A., Haji, S., Hidayati, E. A., Pertanian, T., Brawijaya, U., & Veteran, J. (2016). Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Kontak Pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung Untuk Menurunkan BOD dan COD The Influence Of Concentration and Contact Time in Domestic Sewage Treatment Using Activated Carbon the Cob of Corn. *Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 3(2), 30–37.
- Sudarmaji, S., Prasasti, C., & Mukono, J. (2006). Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair*, 2(2), 129–143.
- Sukandarrumidi. 2017. Bahan Galian Industri. *Gadjah Mada University Press, Yogyakarta*.



