

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Limbah

4.1.1. 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 (NH₃-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 4.1. 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 ₃ -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)

4.1.2. *Treatment* pada Limbah Cair Rumah Sakit dengan Batu Zeolit

Hasil *treatment* limbah cair rumah sakit diadsorpsikan dengan batu zeolit dapat dilihat pada gambar 4.1. serta nilai hasil uji air limbahnya dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4.1. Hasil *treatment* limbah RS diadsorpsikan dengan batu zeolit

Tabel 4.2. Hasil uji limbah cair setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit pada debit aliran 0,5 L/min

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	<0,0215	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,0923	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,2154	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	14	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	46,5	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	6	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,5	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	506	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	25,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.3. Hasil uji limbah cair setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit pada debit aliran 1 L/min

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	0,013	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,680	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,506	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	20	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	56	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	8	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,66	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	506	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	25,5	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0008	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	0,0083	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	0,0256	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.4. Hasil uji limbah cair setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit pada debit aliran 1,5 L/min

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	<0,002	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,452	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,557	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	25	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	59	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	9	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,56	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	507	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	25,4	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0008	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	0,0159	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	0,0776	SNI 6989.8.2009	0,1

4.1.3. *Treatment* Limbah Cair Rumah Sakit dengan Batu Zeolit dan Arang Aktif Limbah Mebel Kayu Waru

Treatment pada limbah cair menggunakan tiga variasi debit aliran serta tiga waktu pengambilan sampel di setiap variasi debit. Variasi debit aliran yang digunakan adalah 0,5 L/m (gambar 4.2), 1 L/m (gambar 4.3), dan 1,5 L/m (gambar 4.4), serta variasi waktu di setiap variasi debit adalah menit ke-0, menit ke-5, dan menit ke-10. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif sebagai adsorben terhadap variasi debit aliran dan waktu pengambilan sampel.

1. Hasil *treatment* pada variasi debit 0,5 liter/menit



Gambar 4.2. Hasil *treatment* debit aliran 0,5 L/min pada menit ke 0, 5 dan 10

Gambar 4.2 merupakan gambar secara visual sebelum dan sesudah dilakukan *treatment* pada limbah cair rumah sakit menggunakan zeolit dan arang aktif dengan variasi debit 0,5 liter/menit dan waktu pengambilan sampel menit ke 0, 5, dan 10.

Tabel 4.5. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 0,5 L/m pada menit ke-0

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	<0,0215	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,1331	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,2381	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	46	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	31,3	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	16,1	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,6	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	761	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.6. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 0,5 L/m pada menit ke-5

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	<0,0215	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,1833	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	<0,0002	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	72	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	26,9	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	13,8	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,7	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	742	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.7. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 0,5 L/m pada menit ke-10

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	<0,0215	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,2311	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	<0,0002	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	34	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	32,8	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	13	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,7	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	731	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

2. Hasil *treatment* pada variasi debit 1 liter/menit



Gambar 4.3. Hasil *treatment* debit aliran 1 L/min pada menit ke 0, 5, dan 10

Gambar 4.3 merupakan gambar secara visual sebelum dan sesudah dilakukan *treatment* pada limbah cair rumah sakit menggunakan zeolit dan arang aktif dengan variasi debit 1 liter/menit dan waktu pengambilan sampel menit ke 0, 5, dan 10.

Tabel 4.8. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 1 L/m pada menit ke-0

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	0,0370	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,1646	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,1892	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	65	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	13	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	19	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,8	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	751	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.9. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 1 L/m pada menit ke-5

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	0,0786	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,1071	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,1264	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	82	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	25	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	9,4	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,7	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	739	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.10. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 1 L/m pada menit ke-10

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	0,0426	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,1072	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,1015	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	113	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	31	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	6,6	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,8	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	729	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

3. Hasil *treatment* pada variasi debit 1,5 liter/menit



Gambar 4.4. Hasil *treatment* debit aliran 1,5 L/min pada menit ke 0, 5, dan 10

Gambar 4.4 merupakan gambar secara visual sebelum dan sesudah dilakukan *treatment* pada limbah cair rumah sakit menggunakan zeolit dan arang aktif dengan variasi debit 1,5 liter/menit dan waktu pengambilan sampel menit ke 0, 5, dan 10.

Tabel 4.11. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 1,5 L/m pada menit ke-0

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	0,1018	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,0915	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	<0,0002	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	83	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	48	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	11,6	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,8	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	748	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.12. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan debit 1,5 L/m pada menit ke-5

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	0,0999	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,1089	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,1350	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	69	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	51,3	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	16,4	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,8	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	732	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

Tabel 4.13. Hasil uji limbah cair RS setelah diadsorpsikan dengan batu zeolit dan arang aktif dengan ddebit 1,5 L/m pada menit ke-10

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE UJI	KADAR MAKSIMUM
1	Fenol	mg/L	<0,0215	SNI 06-6989.21-2004	0,5
2	MBAS	mg/L	0,1504	SNI 06-6989.51-2005	5
3	NH ₃ _N	mg/L	0,0025	SNI 06-6989.30-2005	1
4	TSS	mg/L	75	<i>In House Methode</i>	30
5	COD	mg/L	33,6	SNI 6989.2-2009	80
6	BOD	mg/L	16,5	SNI 6989.72-2009	30
7	pH		7,9	SNI 06-6989.11-2004	6,0 – 9,0
8	TDS	mg/L	721	<i>In House Methode</i>	2000
9	Suhu	°C	24,1	SNI 06-6989.23-2005	38
10	Cadmium	mg/L	<0,0034	SNI 06-6989.38-2004	0,05
11	Krom	mg/L	<0,0213	SNI 6989.17-2009	0,5
12	Timbal	mg/L	<0,0161	SNI 6989.8.2009	0,1

4.2. Analisis Hasil *Treatment* Adsorpsi Limbah Cair Rumah Sakit

Menggunakan Batu Zeolit dan Arang Aktif Limbah Mebel Kayu Waru

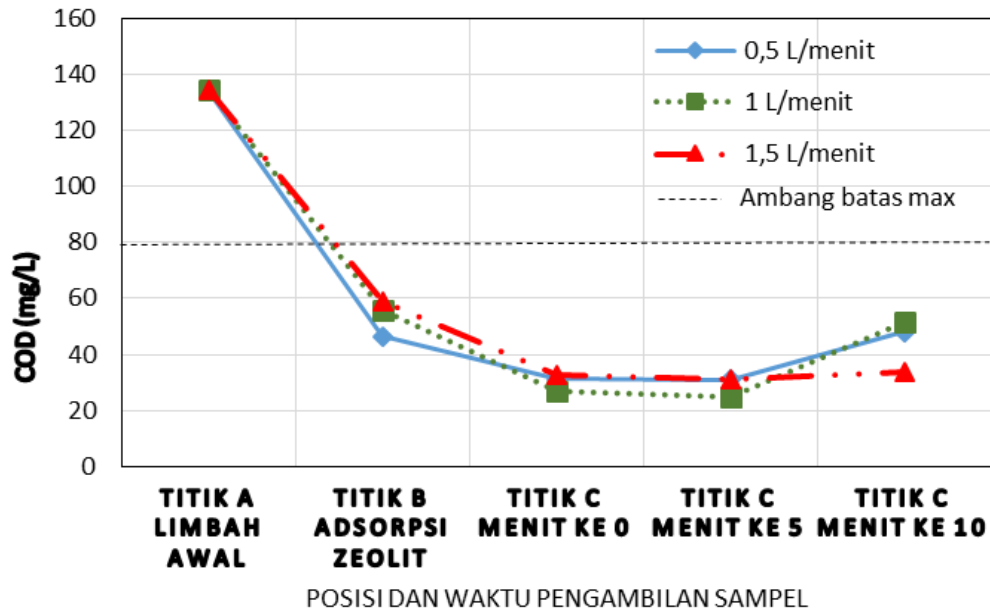
Dari hasil parameter yang diuji pada limbah cair RS sebelum diadsorpsikan terdapat parameter baku mutu air limbah yang dibawah standar atau tidak memenuhi syarat sesuai Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 yaitu pada nilai parameter COD dan BOD. Setelah diadsorpsi, parameter dari baku mutu air limbah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

4.2.1. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia. Tabel 4.14. 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 4.14. Tabel 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	46,5	31,3	26,9	32,8
2	1	134,2	56	31	25	31
3	1,5	134,2	59	48	51,3	33,6



Gambar 4.5 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 Tentang Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit (RSU Kelas B & C) 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 Tentang Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit (RSU Kelas B & C).

Menurut Wirosoedarmo, 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

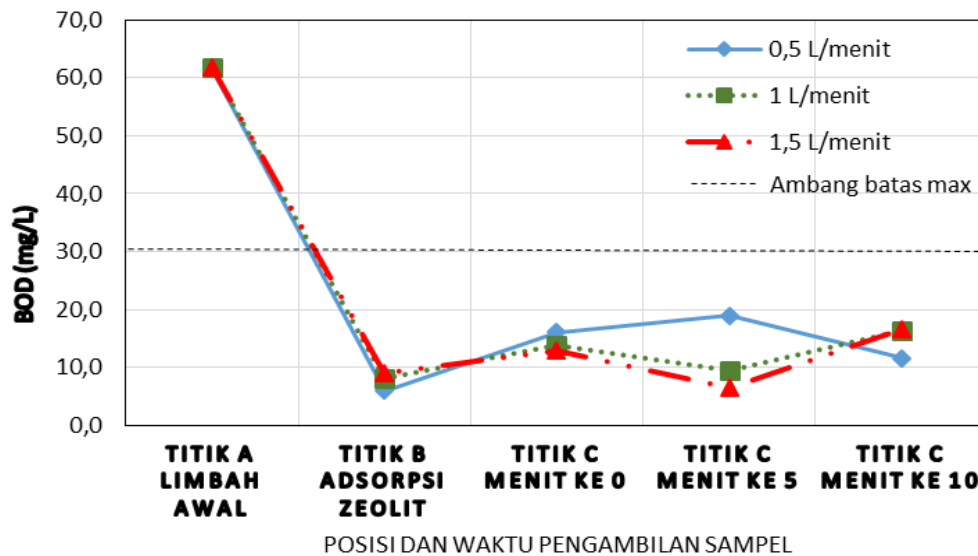
secara kimia berkurang. Kebutuhan oksigen untuk berkurang mengakibatkan COD dalam air limbah akan semakin menurun.

4.2.2. *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 4.15 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 4.15. Tabel 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 4.6 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 Tentang Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit (RSU Kelas B & C) 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 tabel 4.15 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

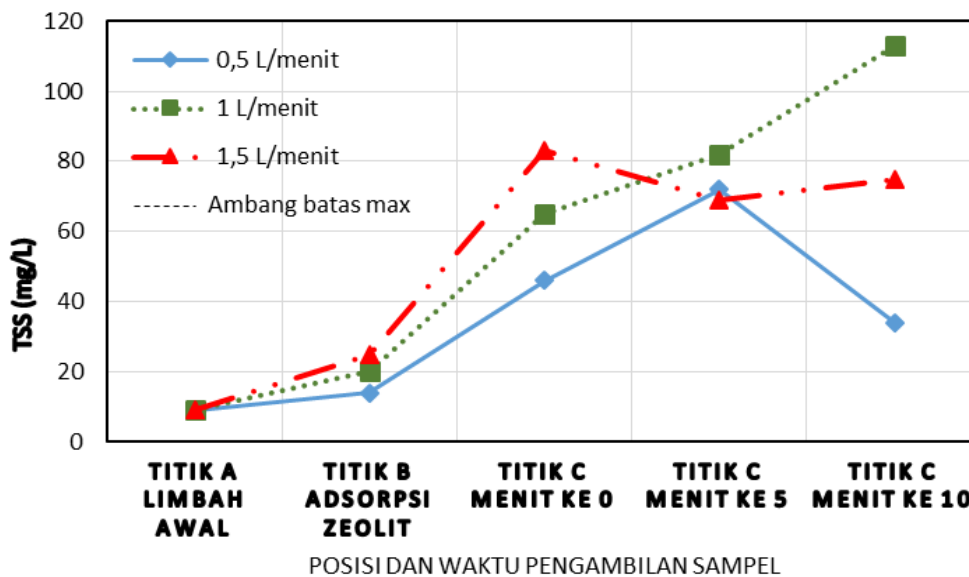
dalam air limbah akan ditarik dan diikat oleh arang aktif sehingga jumlah oksigen yang diperlukan akan menurun karena bahan buangan yang akan dipecah oleh mikroorganisme berkurang. Bahan buangan yang diikat oleh arang aktif semakin besar maka semakin kecil nilai BOD dari air limbah tersebut.

4.2.3. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS adalah besaran total dari seluruh padatan dalam cairan atau banyaknya partikel yang berukuran lebih besar dari 1 μm yang tersuspensi dalam suatu kolam air. Tabel 4.16 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 4.16. Tabel 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 4.7 Perubahan kadar TSS

Pada gambar 4.7, 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. Menurut Ramadhani (2017) bahwa nilai TSS limbah tidak bersifat toksik, hanya menambah nilai keruh air dan memperlambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air.

4.2.4. Kandungan Logam Pada Limbah Cair RS

Tabel 4.17 – 4.19 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 4.17. 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	<0,0034	<0,0034	<0,0034	<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 4.18. 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	<0,0213	<0,0213	<0,0213	<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 4.19. Hasil *treatment* adsorpsi batu zeolit dan arang aktif terhadap perubahan kadar logam berat timbal (Pb)

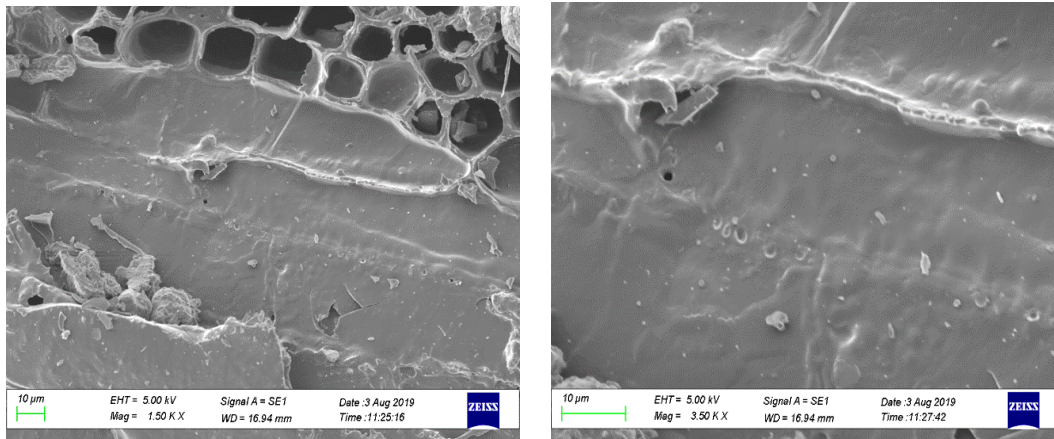
No	Debit Aliran Limbah (L/min)	Limbah Awal (mg/L)	Adsorpsi Zeolit (mg/L)	Adsorpsi Zeolit dan Arang Aktif (mg/L)		
				Menit ke-0	Menit ke-5	Menit ke-10
1	0,5	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161
2	1	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161
3	1,5	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161	<0,0161

Parameter kandungan logam pada limbah cair fasilitas kesehatan masyarakat merupakan parameter tambahan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2015 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.

4.3. 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

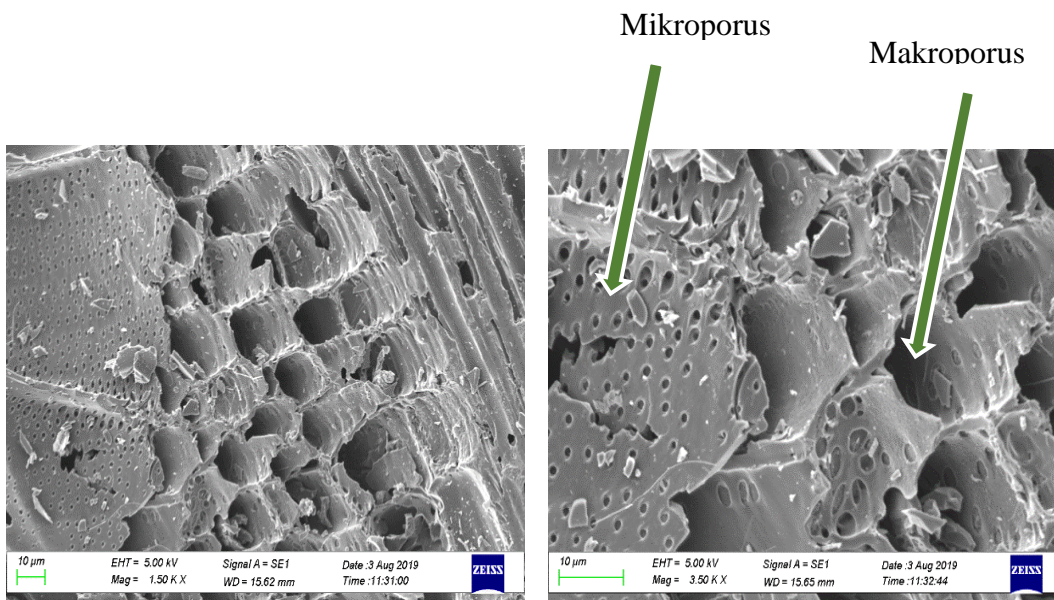
pengambilan foto morfologi permukaan arang adalah SEM Zeiss EVO 10 dengan perbesaran 1500 kali dan 3500 kali.



(a)

(b)

Gambar 4.8. Foto mikrostruktur material arang aktif limbah mebel kayu waru sebelum aktivasi (a) perbesaran 1500 kali; (b) perbesaran 3500 kali



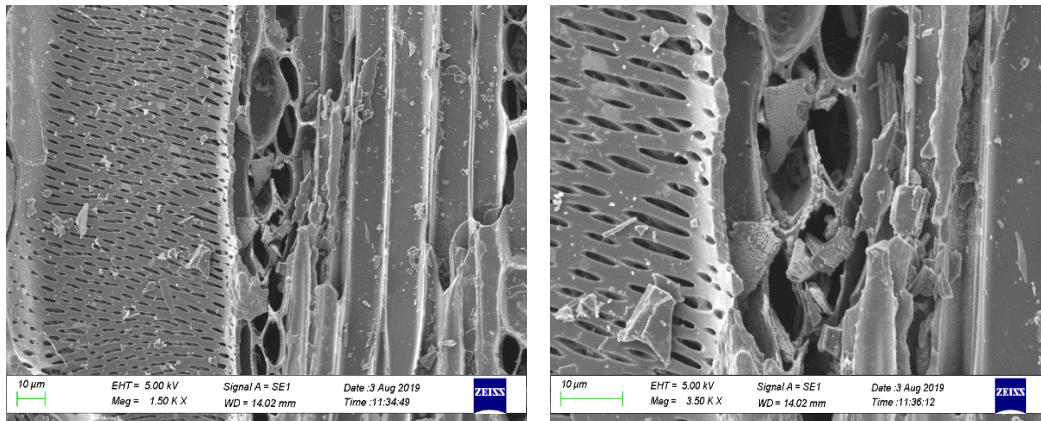
(c)

(d)

Gambar 4.9. Foto mikrostruktur material arang aktif limbah mebel kayu waru setelah aktivasi (c) perbesaran 1500 kali; (d) perbesaran 3500 kali

Pada gambar 4.8 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 tetapi, pada gambar 4.9 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 (Wirosoedarmo dkk, 2016).



(e)

(f)

Gambar 4.10. Foto mikrostruktur material arang aktif limbah mebel kayu waru setelah digunakan sebagai adsorben, (e) perbesaran 1500 kali; (f) perbesaran 3500 kali

Pada gambar 4.10 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.