

**DAYA ADSORPSI ZEOLIT ALAM DENGAN VARIASI  
WAKTU KONTAK TERHADAP BAKTERI PADA LIMBAH  
DOMESTIK**

**JURNAL ILMIAH**

**VITRIA SABITAH RANA**

**123.16.001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI  
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
AGUSTUS 2020**

**DAYA ADSORPSI ZEOLIT ALAM DENGAN VARIASI  
WAKTU KONTAK TERHADAP BAKTERI PADA LIMBAH  
DOMESTIK**

**JURNAL ILMIAH**

**VITRIA SABITAH RANA**

**123.16.001**

Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Program Studi Teknik Metalurgi

Menyetujui,

Kota Deltamas, 16 Agustus 2020

Dosen Pembimbing



**Andrie Harmaji, S.T., M.T**

NIK. 199110107201607516

# DAYA ADSORPSI ZEOLIT ALAM DENGAN VARIASI WAKTU KONTAK TERHADAP BAKTERI PADA LIMBAH DOMESTIK

Vitria Sabitah Rana<sup>[1]</sup>, Andrie Harmaji<sup>[2]</sup>

Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi dan Sains Bandung<sup>[1]</sup>

Program Studi Teknik Material, Institut Teknologi Bandung<sup>[2]</sup>

Email: [vitria.sabitha@gmail.com](mailto:vitria.sabitha@gmail.com)<sup>[1]</sup>

## Abstrak

Permukiman kota di Indonesia merupakan salah satu penyumbang utama terhadap pencemaran sungai, dimana sekitar 60% - 70% sungai yang tercemar disebabkan oleh limbah domestik. Dinas Lingkungan Hidup Kota Bekasi menemukan 70% air Sungai Bekasi tercemar limbah domestik berdasarkan hasil uji laboratorium di Dinas Lingkungan Hidup Kota Bekasi. Hal tersebut terindikasi dari jumlah total limbah fecal koliform (*E. coli*) yang lebih tinggi bahkan ribuan kali dari standar yang dipersyaratkan. Salah satu usaha penanggulangan dampak dari limbah domestik terhadap lingkungan sekitar yaitu melakukan pengolahan limbah dengan metode adsorpsi, salah satunya menggunakan adsorben zeolit. Pada penelitian ini, sampel air limbah domestik diambil dan diuji kualitas airnya. Setelah itu, ditambahkan zeolit alam yang sudah diaktivasi sebanyak 7 gr dengan variasi waktu kontak 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Dibuat media pertumbuhan bakteri dengan nutrient agar, lalu dilakukan pengenceran bertingkat. Dengan teknik spread plate, sampel sebanyak 1 mL ditanam diatas media agar yang telah memadat dan disimpan selama 3 hari untuk menghitung jumlah bakteri yang tumbuh dan terserap. Hasil perhitungan bakteri menunjukkan bahwa zeolit alam dapat mengadsorpsi bakteri – bakteri yang terdapat pada limbah domestik. Sampel waktu kontak 30 menit, zeolit mengadsorpsi bakteri sebesar 10.773 CFU/mL, waktu kontak 45 menit zeolit mengadsorpsi bakteri sebesar 25.044 CFU/mL dan waktu kontak 60 menit zeolit mengadsorpsi bakteri sebesar 25.961 CFU/mL. Dapat disimpulkan waktu kontak mempengaruhi penyerapan bakteri, semakin lama waktu kontak maka bakteri yang terserap oleh zeolit akan semakin banyak.

Kata kunci : Limbah domestik, Adsorpsi, Zeolit alam, Bakteri.

## I. PENDAHULUAN

Limbah rumah tangga seperti detergen, sampah dan kotoran memberikan andil cukup besar dalam pencemaran air sungai, terutama di daerah perkotaan. Sungai yang tercemar kotoran dan sampah yang mengandung bakteri dan virus dapat menimbulkan penyakit, terutama bagi masyarakat yang menggunakan sungai sebagai sumber dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu usaha penanggulangan dampak dari limbah domestik terhadap lingkungan sekitar yaitu melakukan pengolahan limbah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu peristiwa terkontakannya partikel padatan (adsorben) dan cairan (adsorbat) pada kondisi tertentu sehingga sebagian cairan menempel pada

permukaan rongga di permukaan padatan dan konsentrasi cairan yang tidak menempel pada permukaan rongga mengalami perubahan (Tualeka, M. K., 2016).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi. Salah satu jenis adsorben yang umum digunakan adalah zeolit.

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan zeolit alam, yang tersebar luas di berbagai lokasi antara lain di Bayah (Banten Selatan), Cikembar (Sukabumi), Nanggung (Tasikmalaya), Malang, Lampung, dan Sulawesi Selatan. Zeolit didefinisikan sebagai senyawa aluminosilikat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi dengan rongga didalamnya. Struktur kerangka zeolit

tersusun atas unit-unit tetrahedral ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup> dan ( $\text{AlO}_4$ )<sup>5-</sup> yang saling berikatan melalui atom oksigen dan membentuk pori-pori (Barrer, 1987).

Pori-pori zeolit yang besar menyebabkan spesi yang besar dapat ditampung di pori-pori tersebut, salah satunya dapat berupa sel hidup seperti bakteri. Bakteri berukuran cukup besar, dengan dimensi 1  $\mu\text{m}$  atau lebih, sehingga tidak muat di pori yang kecil. Maka tambahan luas permukaan yang terjadi akibat adanya pori-pori pada zeolit dapat menampung dan membantu perkembangan populasi yang lebih besar. Dengan adanya penyerapan bakteri oleh zeolit maka tingkat pencemaran limbah domestik dapat menurun dan air tersebut dapat dipergunakan untuk sehari – hari. Selain bakteri, zeolit juga dapat menyerap zat – zat lain seperti ion logam berat yang menyebabkan pencemaran lingkungan karena sifat logam berat yang beracun.

Pada penelitian ini akan dibuktikan, apakah zeolit alam memiliki daya adsorpsi terhadap bakteri pada limbah domestik. Dengan variasi waktu kontak yang merupakan salah satu parameter adsorpsi, diharapkan zeolit dapat mengadsorpsi bakteri dengan baik.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

#### 2.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cawan Petri, Timbangan, Hot Plate dan Magnetic Stirrer, Gelas Beker, Tabung Reaksi, Oven, Pipet Tetes, Batang L, pH meter, TDS meter, XRF, dan ICP.

#### 2.1.2 Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah Zeolit alam, Limbah domestik, Nutrient Agar, Aquadest, Alkohol 70%, Kertas coklat, dan kapas.

### 2.2 Prosedur Kerja

Zeolit dikarakterisasi dahulu dengan XRF. Langkah pertama yang dilakukan sebelum memasukkan zeolit kepada air limbah yaitu memperkecil ukuran batu zeolit dengan palu dan mengaktivasi. Pengaktifasian zeolit alam secara fisik dilakukan dengan pemanasan. Proses pemanasan zeolit alam dilakukan pada temperatur 250°C selama 2 jam di dalam oven (Suyartono dan Husaini, 1992). Sebelumnya dilakukan pengambilan air limbah domestik yang dilakukan di daerah Kota Bekasi tepatnya di Sungai Bekasi dekat pemukiman, Kota Bekasi.

Zeolit dibagi menjadi tiga bagian dengan masing-masing seberat 7 gr. Zeolit seberat 7 gr dimasukkan kedalam gelas beker 1000 mL lalu air limbah domestik sebanyak 500 mL ditambahkan. Gelas beker diletakkan diatas hot plate dan diaduk dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 270 rpm dengan 3 kali percobaan dengan 3 waktu yang berbeda yaitu 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Setelah waktu sudah selesai, pencampuran air limbah dan zeolit didiamkan selama 3 jam pada suhu ruang. Air limbah domestik dan setelah diberi zeolit dengan variasi waktu kontak diuji kualitas airnya dengan pH meter, TDS meter dan dibandingkan nilai kekeruhannya dengan standar kekeruhan air limbah Lenore, S, dkk 1998.

Nutrient Agar berisi nutrisi yang digunakan oleh suatu mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembangbiak pada media tersebut. Sterilisasi alat dalam oven pada suhu 175 °C selama 15 menit. Gelas beker diletakkan diatas hot plate magnetic stirrer, lalu dimasukkan aquades sebanyak 200 mL kedalam gelas beker dan ditambahkan nutrient agar sebanyak 2 gr. Diaduk dengan kecepatan 100 rpm dan suhu ruang sampai nutrient agar terlarut dan merata. Gelas beker yang berisi larutan nutrient agar dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 121°C selama 20 menit. Nutrient agar dituangkan ke cawan petri sebanyak 15 mL. Cawan petri yang berisi larutan nutrient agar didiamkan hingga nutrient agar memadat dipermukaan cawan petri.

Dilakukan teknik spread plate dengan pengenceran sampai  $10^{-3}$ . Sampel di tetes diatas agar yang telah memadat di cawan petri dan diratakan dengan batang L. Disimpan selama 3 hari agar bakteri tumbuh. Dilakukan perhitungan bakteri dengan rumus spread plate :

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n_1) + (0,1 \times n_2)] \times (d)}$$

Ket :

N = Jumlah koloni per ml/gr

$\sum C$  = Jumlah total koloni dari semua cawan yang dihitung

$n_1$  = Jumlah cawan pada pengenceran pertama

$n_2$  = Jumlah cawan pada pengenceran kedua

d = Tingkat pengenceran yang diperoleh dari cawan pertama yang dihitung

Dilihat jumlah bakteri yang diserap. Kemudian, untuk mengetahui logam – logam yang teradsorpsi yaitu dilakukan karakterisasi ICP-OES dan dilihat perbandingan konsentrasi sebelum limbah diberi zeolit dan setelah limbah diberi zeolit.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil XRF Zeolit

**Tabel 1.** Hasil Karakterisasi XRF

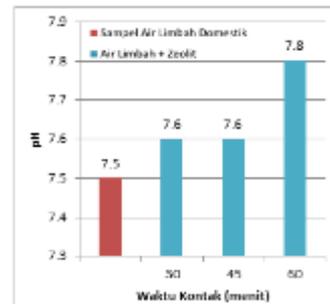
Senyawa	Zeolit (wt %)
Na <sub>2</sub> O	1,5036
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>10,3973</b>
SiO <sub>2</sub>	<b>76,0888</b>
K <sub>2</sub> O	4,7752
CaO	3,4827
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5508

Hasil yang diperoleh pada tabel 1 menunjukkan bahwa Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) memiliki kadar yang dominan, kandungan Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang merupakan

komponen utama pembentuk rangka (framework) dari zeolit alam.

### 3.2 Analisa Hasil Pengukuran Kualitas Air

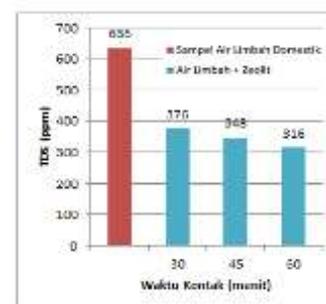
#### a. pH



**Gambar 1.** Grafik Pengaruh Waktu Kontak Terhadap pH

Grafik hubungan pH terhadap waktu kontak terlihat bahwa nilai pH air limbah domestik yang sudah diberi zeolit alam memenuhi standar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dimana pH 6 - 9. Pada gambar 1 menunjukkan bahwa adanya peningkatan pH air limbah domestik pada setiap sampel dari pH awal air limbah 7,5 berturut – turut menjadi 7,6 , 7,6 dan 7,8. Hal ini menjelaskan bahwa zeolit dapat meningkatkan pH air limbah. Hal tersebut terjadi karena adanya penangkapan dan penyerapan bahan organik dan anorganik melalui permukaan zeolit yang membuat kondisi limbah menjadi alkalinitas (Gintings 1998). Semakin lama waktu kontak antar zeolit dan air limbah, maka pH air limbah menuju ke sifat basa.

#### b. Total Dissolved Solids (TDS)



**Gambar 2.** Grafik Pengaruh Waktu Kontak Terhadap TDS

Hasil pengukuran TDS pada sampel air limbah domestik yang diberi zeolit alam pada gambar 2 dengan waktu kontak 30, 45 dan 60 menit berturut – turut sebesar 376 ppm, 348 ppm dan 316 ppm. Hasil yang ditunjukkan masih memenuhi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu TDS maksimal 2000 ppm. Kondisi awal TDS air limbah domestik sebesar 636 ppm dan menurun ketika diberi zeolit dengan variasi waktu kontak. Hal ini dikarenakan daya adsorpsi molekul dari suatu adsorbat akan meningkat apabila waktu kontak dengan zeolit lama. Semakin lama waktu kontak akan memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik sehingga dapat menyebabkan penurunan pada TDS.

### c. Kekeruhan



**Gambar 3.** Kekeruhan Pada Air Limbah (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (Lenore, S, dkk 1998.))



**Gambar 4.** Tingkat Kekeruhan Pada Sampel

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, tingkat kekeruhan yang diperkenankan sebesar 25 NTU. Pada gambar 4 menjelaskan tingkat kekeruhan air limbah domestik yang dipakai tidak memenuhi persyaratan baku mutu yang telah ditetapkan.

Dibandingkan gambar 3 dan gambar 4 terlihat bahwa air limbah domestik memiliki kekeruhan yang tinggi yaitu

melebihi 25 NTU dan air limbah yang ditambah zeolit dengan waktu kontak 30 menit, 45 menit dan 60 menit tidak memiliki perbedaan yang jauh jika dilihat dengan visual yaitu  $\pm 10$  NTU.

Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus) maupun bahan anorganik dan organik berupa *plankton* dan mikroorganisme lain (Efendi Helfi, 2003).

### 3.3 Analisa Hasil *Inductively Coupled Plasma (ICP)*

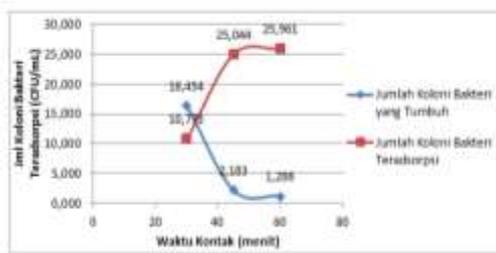
**Tabel 2.** Hasil Karakterisasi ICP

Logam (mg/L)	Concentration (mg/L)			
	Air Limbah	Zeolit 30 menit	Zeolit 45 menit	Zeolit 60 menit
Aluminium, Al	64.056	15.159	13.358	9.784
Calcium, Ca	31.014	24.495	5.979	5.204
Iron, Fe	21.499	19.142	5.411	4.385
Kalium, K	34.397	31.979	9.068	9.028
Magnesium, Mg	10.956	7.189	3.628	2.886
Sodium, Na	92.447	70.819	63.317	59.347
Silicon, Si	21.0691	20.9447	19.2161	1.3378

Hasil pada tabel 2 menunjukkan terjadi penurunan kandungan unsur logam pada air limbah domestik yang diberi zeolit berdasarkan variasi waktu kontak. Unsur Na, Al, K, Ca, Fe, Si, Mg menurun setelah diberi zeolit dan penurunan paling baik yaitu pada waktu kontak 60 menit dibanding dengan waktu kontak 30 menit dan 45 menit. Terlihat, semakin lama waktu kontak antar zeolit dan air limbah domestik maka penurunan atau penyerapan logam pada air limbah menjadi lebih besar.

Penurunan konsentrasi logam akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak karena zeolit memiliki struktur yang berpori maka zeolit ini mengandung banyak sekali pori-pori yang halus dan luas permukaan yang besar yang memungkinkan partikel logam menempati ruang kosong dan semakin padat.

### 3.4 Analisa Jumlah Bakteri Yang Tumbuh dan Teradsorpsi



**Gambar 5.** Grafik Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Bakteri

Jumlah koloni yang tumbuh semakin sedikit. Pada waktu kontak 30 menit koloni bakteri tumbuh sebesar 16.454 CFU/mL, waktu kontak 45 menit bakteri tumbuh sebesar 2.183 CFU/mL dan pada waktu kontak 60 menit bakteri yang tumbuh lebih sedikit yaitu 1.266 CFU/mL. Jumlah koloni bakteri yang teradsorpsi oleh zeolit pada waktu kontak 30 menit yaitu 10.773 CFU/mL, pada waktu kontak 45 menit sebesar 25.044 CFU/mL dan waktu kontak 60 menit bakteri teradsorpsi sangat banyak yaitu 25.961 CFU/mL. Maka, pada waktu kontak 45 menit dan 60 menit dapat memenuhi kriteria baku mutu dikarenakan koloni bakteri yang tumbuh kurang dari 10000 CFU/mL.

Dapat disimpulkan bahwa zeolit mampu menurunkan/ mengadsorpsi bakteri lebih banyak saat waktu kontak antar zeolit dan air limbah domestik juga cukup lama. Pori-pori zeolit yang besar menyebabkan spesi yang besar dapat ditampung di pori-pori tersebut, salah satunya dapat berupa sel hidup seperti bakteri.

#### IV. KESIMPULAN

1. Kualitas air limbah domestik pada pengukuran pH sebesar 7,5 bersifat basa dan sesuai baku mutu. Air limbah domestik yang diberi zeolit alam mampu meningkatkan pH pada waktu kontak 30 menit pH menjadi 7,6 , waktu kontak 45 menit 7,6 dan waktu kontak 60 menit 7,8.

2. Kualitas air limbah domestik pada pengukuran *Total Dissolved Solids* (TDS) sebesar 636 ppm, sesuai baku mutu. Air limbah domestik yang diberi zeolit alam mampu menurunkan nilai TDS, pada waktu 30 menit menurun menjadi 376 ppm, waktu kontak 45 menit 348 ppm dan waktu kontak 60 menit 316 ppm.
3. Kekeruhan pada air limbah domestik tidak sesuai baku mutu yaitu > 25 NTU. Zeolit mampu menurunkan kekeruhan air limbah domestik pada waktu kontak 30 menit, 45 menit dan 60 menit menjadi  $\pm$  10 NTU.
4. Hasil *Inductively Coupled Plasma* (ICP) menunjukkan zeolit mampu menurunkan unsur logam dan penurunan terbaik pada waktu kontak 60 menit yaitu menjadi Al 9,784 mg/L, Ca 5,204 mg/L, Fe 4,385 mg/L, K 9,028 mg/L, Mg 2,886 mg/L, Na 59,347 mg/L dan Si 1,33 mg/L.
5. Zeolit mampu mengadsorpsi bakteri pada limbah domestik. Semakin lama waktu kontak daya adsorpsi bakteri semakin besar. Pada waktu kontak 30 menit zeolit mengadsorpsi bakteri sebanyak 10.773 CFU/mL, waktu kontak 45 menit sebanyak 25.044 CFU/mL dan adsorpsi terbaik yaitu pada waktu kontak 60 menit sebanyak 25.961 CFU/mL hampir semua teradsorpsi.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Auerbach, S., Carrado, K., Dutta, P., 2003, *Hand Book of Zeolite Science and Technology*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Barrer, R.M. 1987. *Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves*. Academic Press, London.
- Eaton, Andrew D., Lenore S Clesceri, Arnold E Greenberg, and M. A. H. Franson. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. 1998. Washington, DC: American Public Health Association.

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Gintings, Perdana. Ir. 1992. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Edisi 1. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air
- Tualeka, M. K. (2016). *Sintesis Zeolit dari Abu Layang (Fly Ash) dengan Metode Hidrotermal dan Uji Adsorbtivitas terhadap Logam Tembaga (Cu)*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi: Universitas Islam Negeri Alauddin.