

# EFEKTIVITAS ADSORBEN ALOFAN-KELOR DALAM PENGURANGAN BAKTERI *COLIFORM* DAN *ESCHERICHIA COLI* LIMBAH CAIR DOMESTIK

**Ibnu Rois; Pranoto**

Pascasarjana Ilmu Lingkungan  
Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta, 57126  
Email : ibnurois36@gmail.com

## Abstrak

Limbah cair domestik dari instalasi pengolahan air limbah tidak dilakukan desinfeksi. Limbah cair ini mengandung ekskreta, sehingga terdapat bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* yang dapat mencemari lingkungan dan sumber air bersih yang digunakan masyarakat. Teknologi sederhana untuk mengurangi pencemaran bakteri *Coliform* dan *E. Coli* dilakukan dengan adsorben Alofan dan biji kelor. Alofan merupakan bagian dari mineral *amorf Andisols* yang dapat mengalami peningkatan pH setelah bereaksi (menyerap) asam humat maupun asam silikat. Biji kelor memiliki senyawa 4-( $\alpha$ -*L*-*Rhamnosyloxy*) *benzyl isothiocyanate* dan 4-(4'-*O*-*acetyl*- $\alpha$ -*L*-*rhamnosyloxy*)-*benzyl isothiocyanate*. Selain itu biji kelor juga mengandung *fenol*, *hidrokuinin*, *flavonoid steroid*, *triterpenoid*, *tanin alkaloid* dan *saponin* yang merupakan bahan aktif anti bakteri. Karakteristik alofan dilakukan dengan metode analisis NaF, FT-IR, XRD dan SAA. Hasil kolaborasi adsorben alofan-kelor (perbandingan alofan 25% dengan kelor 75%) dapat menurunkan bakteri *Coliform* sebanyak 70,11% dan *E. Coli* sebanyak 67,64%. Sedangkan adsorben alofan dapat menurunkan bakteri *Coliform* sebanyak 60,93% dan *E. Coli* sebanyak 44,11%, serta biji kelor dapat menurunkan bakteri *Coliform* sebanyak 77,29% dan *E. Coli* sebanyak 70,58%. Berdasarkan hasil ini maka untuk menurunkan bakteri *Coliform* dan *E. Coli* pada limbah cair domestik dapat menggunakan adsorben biji kelor.

**Kata Kunci** : Adsorben, Alofan, Kelor, *Coliform*, *Escherichia coli*

## 1. PENDAHULUAN

Kerusakan lingkungan sebagai contoh dari akibat aktifitas manusia adalah pencemaran air yang disebabkan oleh adanya limbah domestik (Purwana, 2013). Penyakit menular yang menyebar secara langsung melalui air dapat terjadi apabila mikroba penyebabnya masuk ke dalam sumber air yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhannya sehari-hari seperti minum, makan, dan mencuci (Sugiharto, 2014). Sebagai upaya pengelolaan limbah domestik dan untuk menjaga kualitas kesehatan lingkungan, telah dilakukan pengelolaan melalui IPAL komunal sistem *Rotating Biological Contactor* (RBC) (Stalin, 2014).

Proses IPAL Komunal sistem RBC telah memperbaiki kualitas limbah cair domestik terutama pada parameter fisik dan kimia supaya tidak mencemari lingkungan (Sugiharto, 2014). Syarat lain yang penting untuk dipenuhi adalah angka MPN *Coliform* sebagai indikator pencemaran air oleh bakteri. Limbah cair domestik mengandung ekskreta yang mengandung bakteri *Coliform*, *Escherichia Coli* dan bakteri patogen yang dapat mencemari lingkungan dan sumber air bersih yang digunakan masyarakat (Soemirat, 2011).

Limbah cair domestik dusun Sukunan mengandung MPN *Coliform* 160.000 dan *E. Coli* 14.000. Kondisi ini telah melampaui baku mutu Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah. Dengan demikian perlu dilakukan upaya pengolahan limbah cair tersebut untuk meminimalisir pencemaran lingkungan. Salah satu teknologi sederhana sebagai upaya mengurangi pencemaran tersebut adalah dengan adsorben alofan (Sistha, 2013) dan kelor yang merupakan bahan yang mudah didapatkan di alam.

Alofan merupakan bagian dari mineral *amorf Andisols* yang dapat mengalami peningkatan pH setelah bereaksi (menyerap) asam humat maupun asam silikat (Sukmawati, 2011). Alofan sebagai media filter dapat mengurangi bakteri *E. coli* pada air bersih hingga 100% (Firmansyah, 2015). Adapun biji kelor (*Moringa oleifera* Lam) memiliki senyawa 4-( $\alpha$ -*L*-*Rhamnosyloxy*) *benzyl isothiocyanate* dan 4-(4'-*O*-*acetyl*- $\alpha$ -*L*-*rhamnosyloxy*)-*benzyl isothiocyanate* yang merupakan bahan aktif anti bakteri (Padla *et al*, 2012; Ragasa *et al*,

2012). Selain itu biji kelor juga mengandung *fenol, hidrokuinin, flavonoid steroid, triterpenoid, tanin alkaloid* dan *saponin* (Krisnadi, 2015).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh adsorben alofan dan biji kelor terhadap penurunan angka MPN *Coliform* dan MPN *E. Coli* pada limbah cair domestik yang telah melalui proses pengolahan sistem RBC, sehingga secara fisik dan kimia telah memenuhi baku mutu.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan Nopember sampai dengan Desember 2017 di Laboratorium Rekayasa Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.

### **2.2. Alat dan Bahan Penelitian**

Alat penelitian berupa rangkaian tabung pipa PVC diameter 4 inchi dan drum volume 50 liter sebagai bak equalisasi. Bahan penelitian terdiri dari alofan dan biji kelor (*Moringa oleifera Lam*) yang telah dikeringkan. Alofan yang digunakan berasal dari tanah yang berada di lereng Gunung Wilis. Adapun perbandingan alofan dan isi biji kelor sebagai berikut.

1. Adsorben 1 : 100% alofan – 0% biji kelor (panjang alofan 35 cm)
2. Adsorben 2 : 75% alofan – 25% biji kelor (panjang alofan 26,25 cm, berat kelor 112,5 gr)
3. Adsorben 3 : 50% alofan – 50% biji kelor (panjang alofan 17,5 cm, berat kelor 225 gr)
4. Adsorben 4 : 25% alofan – 75% biji kelor (panjang alofan 8,75 cm, berat kelor 337,5 gr)
5. Adsorben 5 : 0% alofan – 100% biji kelor (berat kelor 450 gr)

### **2.3. Pengambilan Sampel**

Sampel limbah cair diambil dari outlet IPAL komunal Dusun Sukunan. Pengambilan dilakukan pada waktu jam 06.00, 12.00 dan 18.00 masing-masing sebanyak 16,7 liter kemudian digabung dalam bak equalisasi volume 50 L.

### **2.4. Uji karakteristik alofan**

Identifikasi adsorben dilakukan dengan uji pH *Natrium Flourida* (NaF), *XRay Diffraction* (XRD), *Foriur Transform Infra-Red* (FT-IR), dan *Surface Area Analyzer* (SAA) (Pranoto *et al*, 2013).

Pengukuran pH dengan uji NaF dilarutkan sebanyak 8 gram dengan aquades dalam gelas beker. Setelah NaF larut, dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambahkan aquades sampai batas.

Analisis lempung dan andisol dengan FT-IR menggunakan teknik butiran KBr, yaitu pelet dibuat dengan cara mencampurkan 2% (b/b) andisol dalam KBr. Sampel pelet dianalisis dengan *spektrofotometer* Shimadzu model FTIR 820431 PC pada daerah pengamatan bilangan gelombang 400-4000 cm<sup>-1</sup>.

Analisis lempung dan andisol dengan XRD menggunakan metode serbuk dengan radiasi yang ditimbulkan oleh Cdka (pada panjang gelombang 1,5406 nm dan 1,54439 nm) dengan filter kadmium (Cd). Bubuk andisol ditempatkan pada permukaan *glass slide* (tempat sampel) lalu difraktogram direkam pada daerah (2θ) 2,0-60,0o untuk menentukan jenis dan komposisi mineral dalam lempung dan tanah andisol (Sulistyarini, 2012).

Luas permukaan merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi karena semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula kemampuan adsorpsinya. Aktivasi dapat memperluas luas permukaan.

## 2.5. Pengujian Bakteri Coliform dan Escherichia coli

Pengujian dilakukan dengan metode *Most Probable Number* (MPN) melalui dua tahap yaitu, uji praduga (*Presumptif test*) dan uji konfirmasi (*Confirmative test*). Pengujian dilakukan dengan menyediakan media *Lactosa Broth* (LB) 1,5% dan 0,5% dalam tabung reaksi yang telah diberi tabung durham. Susun dalam rak tabung dengan ragam 5:5:5. Tulis kode, tanggal penanaman dan volume sampel, juga nama pemeriksa. Sampel digojok dan diambil dengan pipet steril 10 ml, dimasukkan dalam tabung LB sebanyak 5 tabung, kemudian diambil 1 ml sampel dimasukkan dalam LB 0,5% sebanyak 5 tabung, goyang rak berisi LB sampai homogen. Eramkan pada incubator 37<sup>0</sup>C selama 2x24 jam. Setelah 2x24 jam amati pertumbuhan bakteri, jika terdapat gelembung gas pada tabung durham maka tabung positif, sedang jika tidak terdapat gelembung gas maka tabung negatif. Pilih tabung yang positif dan dilanjutkan ke uji penegasan.

Uji penegasan dilakukan dengan menyiapkan media *Briliant Green Lactose Bile* (BGLB) sebanyak 15 buah dengan ragam 5:5:5. Beri kode sampel dan tanggal penanaman, pindahkan bakteri yang berada di tabung LB positif ke media BGLB sebanyak 1 ose. Eramkan tabung pada incubator 44<sup>0</sup>C selama 1x24 jam. Amati pertumbuhan bakteri pada tabung BGLB, catat tabung BGLB yang positif, cocokkan jumlah tabung positif dengan tabel MPN ragam 5:5:5. Catat hasil perhitungan dan dikalikan dengan jumlah pengenceran sampel untuk mengetahui index MPN per 100 ml.

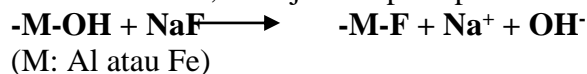
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Karakterisasi adsorben alofan

#### 3.1.1. Uji pH dengan NaF

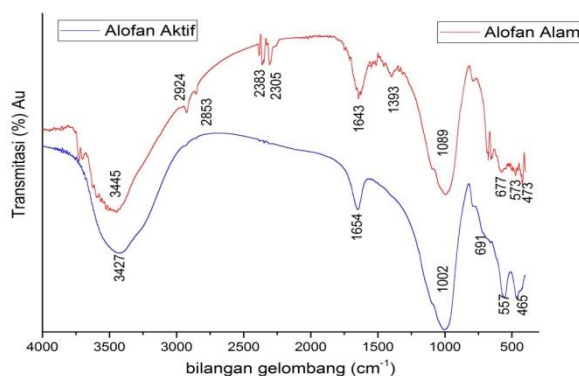
Nilai pH NaF merupakan salah satu penciri bahwa suatu tanah tergolong kedalam andisol atau bukan. Suatu tanah dapat digolongkan dalam andisol apabila mempunyai nilai pH NaF >9,4. Uji NaF dilakukan dengan cara mengukur sampel tanah andisol ke dalam larutan NaF. Campuran larutan NaF dan tanah andisol diukur pH nya didapat bahwa tanah andisol memiliki pH 11,73 sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah andisol mengandung mineral amorf tanah andisol (Pranoto, 2013). Selanjutnya dapat disimpulkan bahwa tanah andisol yang digunakan dalam penelitian ini mengandung alofan.

Besarnya nilai pH NaF disebabkan karena melimpahnya mineral amorf yang kaya gugus Al/Fe-OH sebagai penyusun tanah. Tanah yang mengandung sejumlah gugus Al/Fe-OH aktif menghasilkan reaksi yang sangat alkalis (pH >10) apabila diekstrak dengan larutan NaF (Wada, 1986). Menurut Parfit dan Henmi (1980), ion Flour (F<sup>-</sup>) akan mendesak ion OH<sup>-</sup> dari mineral amorf, reaksi pertukaran ligan terjadi antara flourida dengan ikatan gugus Al/Fe-OH dalam tanah andisol, ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut.



#### 3.1.2. Analisis Fourier Transform Infra Red (FT-IR)

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsional utama pada Tanah andisol. Aktivasi tanah andisol dilakukan dengan NaOH 3M. Hasil spektra IR Tanah andisol sebelum dan sesudah aktivasi ditunjukkan pada Gambar 1.

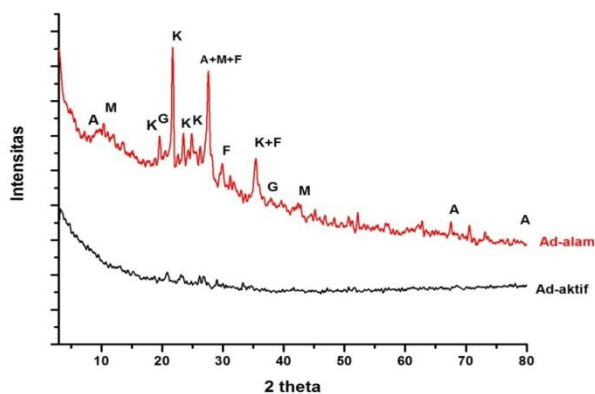


**Gambar 1.** Spektra FTIR Sampel Tanah andisol Alam dan Teraktivasi

Proses aktivasi Tanah andisol menunjukkan perubahan spektra IR yaitu hilangnya puncak pada bilangan gelombang 2940 dan 2853  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan dari gugus  $\text{CH}_2\text{CH}_3$  selain itu, juga terjadi penurunan intensitas spektra pada panjang bilangan gelombang 1393  $\text{cm}^{-1}$  merupakan serapan dari gugus fungsi dari C-O. Hal ini disebabkan karena proses aktivasi tersebut dapat melarutkan bahan pengotor organik pada proses pencucian. Spektra tanah andisol aktif mengalami peningkatan intensitas serapan pada panjang gelombang 1089  $\text{cm}^{-1}$  dan panjang gelombang 691-465  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus dari Si-O dan Al-O, peningkatan intensitas ini dikarenakan hilangnya pengotor yang menutup pori-pori permukaan tanah andisol. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh aktivasi pada tanah andisol dapat menghilangkan pengotor organik.

*Analisis X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisis kristalinitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh aktivasi pada tanah andisol. Pengaruh aktivasi terhadap kristalinitas tanah andisol dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Difraktogram XRD tanah andisol Alam dan Teraktivasi Ket: A= tanah andisol, K= Kaolinit, M= Montmorilonit, G= Gipsit, F= Feldspar dan Q= Quartz

Hasil analisis XRD Gambar 2 menunjukkan bahwa tanah andisol mengandung beberapa mineral tanah andisol, montmorilonit, kaolinit, gipsit, feldspar dan quartz. Hasil penelitian Herald dkk (2004) menunjukkan kandungan mineral tanah di Gunung Lawu terdiri dari mineral Tanah andisol (56,22%), Gipsit (18,78%), Feldspar (15,52%), Kaolinit (10,13%), dan Montmorilonit (5,01%). Tanah andisol ketika sebelum dan setelah aktivasi memiliki kandungan mineral utama yang sama, namun, derajat kristalinitas tanah andisol mengalami penurunan setelah diaktivasi. Menurut (Widjonarko dkk, 2003) dan (Herald dkk, 2004), aktivasi Tanah Andisol pada suasana asam maupun basa dapat melarutkan pengotor pada rongga dan pori-pori sehingga luas permukaan dan keasaman total akan meningkat. Hal ini

mengakibatkan kristal Tanah andisol setelah proses aktivasi akan lebih amorf yang terlihat pada difaktogram menjadi lebih landai. Dimana semakin rendah kristalinitas suatu adsorben ukuran partikelnya semakin kecil dan luas permukaan adsorben menjadi lebih besar.

*Surface Area Analyzer (SAA)*

Luas permukaan merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi karena semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula kemampuan adsorpsinya. Luas permukaan dinyatakan dalam jumlah total luas permukaan sampel yang berbentuk serbuk dalam setiap massa sampel. Hasil pengukuran luas permukaan tanah andisol adalah 257,84 m<sup>2</sup>/g (Saputro, 2014). Mineral amorf akan mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan mineral kristalin karena semakin kecil ukuran kristalnya maka luas permukaannya dimungkinkan semakin besar.

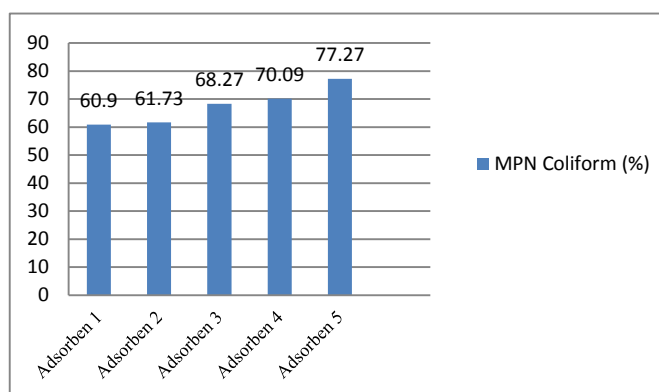
### 3.2. Pengujian Coliform

Hasil pengujian MPN *Coliform* sebelum dan setelah adsorpsi (Tabel 1) , Pada Tabel 1 diketahui bahwa persentase rata-rata penurunan angka MPN *Coliform* terbesar pada Adosorben V yaitu sebesar 77,27%. Penurunan terkecil pada adsorben I sebesar 60,9%. Adsorben alofan dan kelor ini efektif dalam menurunkan angka MPN *Coliform* yang ditunjukkan dari hasil uji *paired samples t-test* masing-masing dengan nilai p=0,000.

**Table 1.** Persentase Rata-rata Selisih *Pre-Post* MPN *Coliform* (MPN/100 ml)

No	Adsorben	Pre	Post	Selisih	%
1.	I	119800	46800	73000	60,9
2.	II	119800	45800	74000	61,73
3.	III	119800	38000	81800	68,28
4.	IV	119800	35800	84000	70,09
5.	V	119800	27200	92600	77,27

Berdasarkan hasil uji *one way anova* juga terdapat beda yang signifikan di antara kelima adsorben yaitu dengan hasil p=0,000. Berdasarkan uji lanjutan LSD diketahui bahwa pada adsorben V mampu menurunkan angka MPN *Coliform* terbesar dibandingkan dengan adsorben lainnya. Perbandingan persentase penurunan angka MPN *Coliform* dapat dilihat pada grafik berikut.



**Gambar 3.** Grafik Persentase Rata-rata Penurunan Angka MPN Coliform

### 3.3. Pengujian Escherichia Coli

Hasil pengujian MPN *E. Coli* sebelum dan setelah adsorpsi dapat dilihat pada tabel berikut.

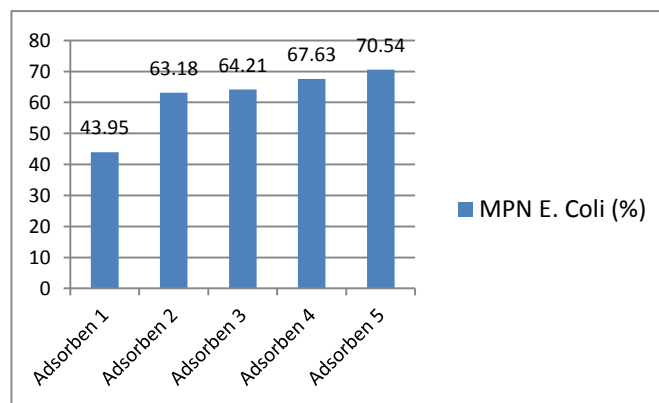
Pada Tabel 2 diketahui bahwa persentase rata-rata penurunan angka MPN *E. Coli* terbesar pada Adosorben V yaitu sebesar 70,54%. Penurunan terkecil pada adsorben I sebesar

43,95%. Adsorben alofan dan kelor ini efektif dalam menurunkan angka MPN *E. Coli* yang ditunjukkan dari hasil uji *paired samples t-test* masing-masing dengan nilai  $p=0,000$ .

**Table 2.** Persentase Rata-rata Selisih *Pre-Post* MPN *E. Coli* (MPN/100 ml)

No	Adsorben	Pre	Post	Selisih	%
1.	I	13600	7600	6000	43.95
2.	II	13600	5000	8600	63.18
3.	III	13600	5400	8200	60.21
4.	IV	13600	4400	9200	67.58
5.	V	13600	4000	9600	70.54

Berdasarkan hasil uji *one way anova* juga terdapat beda yang signifikan di antara kelima adsorben yaitu dengan hasil  $p=0,000$ . Berdasarkan uji lanjutan LSD diketahui bahwa pada adsorben V mampu menurunkan angka MPN *E. Coli* dibandingkan dengan adsorben lainnya. Perbandingan persentase penurunan angka MPN *E. Coli* dapat dilihat pada grafik berikut



**Gambar 4.** Grafik Persentase Rata-rata Penurunan Angka MPN *E. Coli*

#### 4. SIMPULAN

Karakteristik adsorben alofan yaitu yang memiliki pH 11,73 pada uji NaF, telah diaktivasi sehingga memiliki panjang gelombang 1089  $\text{cm}^{-1}$  dan panjang gelombang 691-465  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus dari Si-O dan Al-O, mengandung beberapa mineral tanah andisol, montmorilonit, kaolinit, gipsit, feldspar dan quartz, serta memiliki luas permukaan 257,84  $\text{m}^2/\text{g}$ . Pada biji kelor terdapat senyawa aktif 4-( $\alpha$ -L-Rhamnosyloxy) benzyl isothiocyanate dan 4-(4'-O-acetyl- $\alpha$ -L-rhamnosyloxy)-benzyl isothiocyanate, selain itu juga mengandung fenol, hidrokuinin, flavonoid steroid, triterpenoid, tanin alkaloid dan saponin. Sehingga adsorben ini efektif menurunkan angka MPN Coliform sebesar 77,27% dan MPN *E. Coli* sebesar 70,54% pada limbah cair domestik.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Firmansyah, Fathoni. 2015. Kajian Efektivitas Pengolahan Air Minum Menggunakan Campuran Lempung dan Andisol untuk Menjerap Logam Berat Kadmium (Cd) dan Bakteri Patogen. Tesis. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Heraldly, E., Pranoto, dan Prowida, D. 2004. Studi Karakterisasi dan Aktivasi Tanah andisol Alam serta Aplikasinya sebagai Adsorben Logam Berat Zn Menggunakan Metode Kolom. *Journal Alchemy*. 3(1), hlm. 32-42.

- Krisnadi, Dudi, A. 2015. Kelor Super Nutrisi. Pusat Informasi dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia, Lembaga Swadaya Masyarakat – Media Peduli Lingkungan. Blora: Kelorina.com.
- Padla, Eleanor, P., Solis, L. T., Levida, R. M., Shen, Chien-Chang, & Ragasa, C. Y. 2012. Antimicrobial Isothiocyanates From the Seeds of *Moringa oleifera* Lam. Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen. Diakses dari : <http://znaturforsch.com>.
- Parfitt, R.L. and Hemni T., 1980, Structure of Some Allophanes from New Zealand, Clays and Clay Minerals 28 (4): 285-294.
- Pranoto, Sugiyarto K. H., Suranto and Ashadi. 2013. Javanese Volcanic Allophane as Heavy Metal Adsorber to Improve the Quality of Drinking Water in Surakarta. Journal of Environment and Earth Science. Vol. 3, No.5, ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online).
- Purwana, Rachmadi. 2013. Manajemen Kedaruratan Kesehatan Lingkungan dalam Kejadian Bencana. PT. Rajagrafindo Persada. Depok.
- Ragasa, C. Y., Levida, R. M., Don, Ming-Jaw. & Shen, Chien-Chang. 2012. Cytotoxic Isothiocyanates from *Moringa oleifera* Lam Seeds. Philippine Science Letters. Vol. 5. No. 1
- Saputro, A.H.A., 2014, Uji Efektivitas Adsorpsi Lempung/Tanah Andisol Terhadap Ion Logam Tembaga (Cu) Serta Aplikasi Pada Limbah Kerajinan Logam Menggunakan Metode Kolom. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sistha, P. W. V. 2013. Uji Efektivitas Adsorpsi Lempung/Alofan terhadap Logam Tembaga (Cu) Limbah Pertambangan Tembaga menggunakan Metode Batch. Skripsi Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Soemirat, Juli. 2011. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Stalin, K. Mr. 2014. Performance of Rotating Biological Contactor in Wastewater Treatment – a Review. International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 5. Issue 1. ISSN 229-5518
- Sugiharto. 2014. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Sulistiyarini, A. 2012. Identifikasi, Aktivasi, dan Karakterisasi Tanah Vulkanik Gunung Arjuna sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu). Prosiding Skripsi Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Sukmawati. St. 2011. Beberapa Perubahan Sifat Kimia Alofan dari Andisol Setelah Menjerap Asam Humat dan Asam Silikat. Media Litbang Sulteng IV (2) : 118-124. ISSN : 1979-5971.
- Wada, K. 1986. Ando Soils in Japan. Jepang: Kyushu University Press.
- Widjonarko, DM., Pranoto., dan Cristina, Y., 2003, Pengaktifan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH Terhadap Luas Permukaan dan Keasaman Tanah andisol. Alchemy, 2 (2).