

Perbedaan Efektivitas Zeolit dan *Manganese Greensand* untuk Menurunkan Kadar Fosfat dan *Chemical Oxygen Demand* Limbah Cair “*Laundry Zone*” di Tembalang

Dahona Lenthe Lavinia, Sulistiyani, Mursid Rahardjo
Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro
Email: dahonalenthelavinia@gmail.com

Abstract : *Laundry business is a business in clothes washing services. Preliminary test results show that the levels of phosphate and COD laundry liquid wastes is 12,36 mg/l and 5.920 mg/l. These levels exceeded the water quality standard of waste that phosphate concentration of 2 mg/l and COD concentration of 100 mg/l. This research aimed to determine the difference effectiveness of zeolite and manganese greensand to decrease phosphate and chemical oxygen demand on waste "laundry zone" in Tembalang. This research uses Quasi-Experimental with pretest - posttest design. The sample used is wastewater from the washing machine outlet of "laundry Zone". Analysis data used to test hypothesis is by one way anova test with 95% significance level. Research result show that phosphate levels before treatment is 12,36 mg/l and COD levels is 5.920 mg/l. After treatment with zeolite and manganese greensand in diameter 0,25 mm, 0,5 mm, 0,75 mm and 1 mm showed that the levels of phosphate and COD decreased. From one way anova got the difference at significant of $\alpha = 0,05$ decreased levels of phosphate and COD after media zeolite by p-value = 0,001, the difference at significant of $\alpha = 0,05$ decreased levels of phosphate and COD after media manganese greensand by p-value = 0,01, and the difference at significant of $\alpha = 0,05$ decreased levels of phosphate and COD after media zeolit and manganese greensand by p-value = 0,0001. Effectiveness of the highest decline in phosphate and COD reached 73,30 % dan 71,68% occurred in treatment with zeolite diameter of 0,25 mm.*

Keywords : *Zeolites, Manganese Greensand, Phosphates, Chemical Oxygen Demand, Laundry Liquid Waste, Tembalang*

Bibliography : 53 (1993-2014)

PENDAHULUAN

Usaha *laundry* merupakan salah satu jenis usaha yang saat ini berkembang pesat di seluruh wilayah Indonesia termasuk di Semarang. Meningkatnya jumlah usaha *laundry* akan mengakibatkan meningkatnya penggunaan detergen. Zat yang dominan terkandung dalam detergen adalah *sodium tripoly-phosphat*. Fosfat berasal dari *Sodium Tripoly Phosphate* (STPP). STPP berfungsi

sebagai builder yang merupakan unsur penting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menghilangkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal.¹ Air limbah *laundry* dapat menyebabkan air memiliki kandungan fosfat dan COD yang tinggi. Deterjen merupakan senyawa turunan dari zat-zat organik sehingga akumulasinya menyebabkan meningkatnya COD dan BOD. Menurut Peraturan

Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, kandungan fosfat yang diijinkan sebesar 2 mg/L dan kandungan COD yang diijinkan sebesar 100 mg/L.²

Usaha *laundry* "Zone" rata-rata dalam sehari mencuci pakaian sekitar 70-100 kg pakaian dan limbah cair yang dikeluarkan sekitar 50-100 liter. Pembuangan air limbah tanpa melalui proses pengolahan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, khususnya terjadinya pencemaran pada sumber-sumber air, baik air permukaan maupun air tanah.

Keberadaan ion fosfat (PO_4^{3-}) yang melimpah di dalam air dapat menyebabkan eutrofikasi yang berakibat pada kerusakan ekosistem perairan khususnya pada air tawar dimana tumbuhan tumbuh dengan sangat cepat dibandingkan dengan pertumbuhan yang normal.¹ Kandungan COD dan BOD dalam air yang melebihi batas waktu 18 jam, akan menyebabkan penguraian (degradasi) secara anaerob sehingga menimbulkan bau dan kematian ikan dalam air. Gangguan kesehatan yang disebabkan BOD yaitu penyakit yang menyerang saluran pencernaan seperti cholera, disentri, tyfus.³ Untuk mencegah terjadinya pencemaran tersebut, maka air limbah *laundry* yang akan dibuang harus diolah terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan fosfat dan COD sampai sesuai dengan baku mutu.

Pengolahan air limbah *laundry* yang mengandung banyak fosfat dan COD dapat dilakukan dengan proses filtrasi. Filtrasi adalah proses penyaringan partikel untuk memisahkan atau menyaring partikel yang tidak terendapkan di sedimentasi melalui media berpori.⁴ Pada penelitian ini metode filtrasi

dilakukan menggunakan media zeolit dan *manganese greensand* untuk menurunkan parameter yang ada di air limbah *laundry* seperti fosfat dan COD.

Zeolit memiliki permukaan zeolit yang luas dan berpori mampu mengadsorpsi kadar fosfat dalam air limbah. Mineral zeolit mempunyai struktur "framework" tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, adsorpsi, "molecular sieving" dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengolahan limbah usaha dan limbah nuklir.⁵ Sedangkan *manganese greensand* merupakan zeolit yang telah dimodifikasi dengan menambahkan mangan ke zeolit sehingga kandungan mangan oksida menjadi meningkat sebanyak lima kali. Adanya kandungan mangan oksida pada *manganese greensand* diharapkan dapat berfungsi sebagai gugus fungsi yang digunakan untuk mengikat ion fosfat.⁶

Penelitian yang dilakukan oleh Aprianti dkk, 2015 menunjukkan bahwa *manganese greensand* yang digunakan sebagai adsorbent dapat menurunkan kadar fosfat didalam air sebesar 23,63% dan zeolit yang digunakan sebagai adsorbent dapat menurunkan kadar COD sebesar 73,66%.⁶ Hasil pemeriksaan limbah cair *laundry* "Zone" menunjukkan bahwa kadar fosfat air limbah sebesar 12,36 mg/l dan kadar COD sebesar 5.920 mg/l. Kadar ini melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan dimana baku mutu fosfat sebesar 2 mg/l dan baku mutu COD sebesar 100 mg/l sesuai Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012.² Untuk menurunkan kadar fosfat pada limbah cair *laundry* maka dilakukan penelitian mengenai perbedaan efektivitas zeolit dan *manganese greensand* untuk menurunkan kadar

fosfat dan COD pada limbah cair laundry.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *Quasy Experiment Research* dengan rancangan penelitian *pretest* dan *posttest design*. Pengolahan terhadap sampel dirancang dengan 9 perlakuan dan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan (ukuran 0,25 mm – 1 mm), termometer air, pH meter, stop kran, penggaris, ember, botol sampel, *beaker glass*, oven, dan pipa PVC $\frac{1}{2}$ inc.

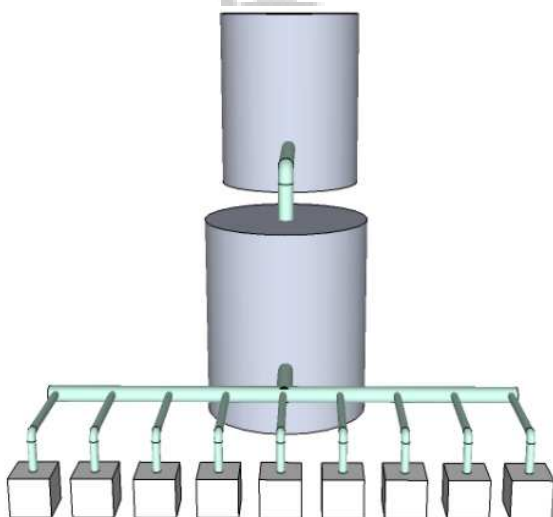
Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu aquades, HCl 2 M, dakron, limbah cair laundry "Zone", zeolit dan *manganese greensand*.

Prosedur penelitian

Aktivasi media

Zeolit dan *manganese greensand* diayak agar diperoleh ukuran dengan diameter 0,25 mm, 0,5 mm, 0,75 mm dan 1 mm. Media di rendam dengan HCl 2 M selama 60 menit, kemudian di cuci dengan aquades. Media dioven pada suhu 220 °C selama 2 jam.⁷



Gambar 3.3 Penampang Reaktor Filtrasi

Proses filtrasi

Pada penelitian ini unit filtrasi yang dipakai yaitu jenis filtrasi *down flow* yang terdiri dari bak pengendap, bak equalisasi dan reaktor filtrasi. Sampel air limbah diambil dan di tempatkan ke dalam bak pengendap. Limbah cair kemudian dialirkan ke bak equalisasi dan ke reaktor.

Pada desain filtrasi terdapat 9 reaktor yaitu 1 reaktor untuk kontrol (berisi dakron dengan ketebalan 2 cm), 4 reaktor untuk perlakuan media zeolit (masing masing berisi dakron dengan ketebalan 2 cm dan media zeolit berdiameter 0,25 mm, 0,5 mm, 0,75 mm dan 1 mm) dan 4 reaktor untuk perlakuan media *manganese greensand* (masing masing berisi dakron dengan ketebalan 2 cm dan media *manganese greensand* berdiameter 0,25 mm, 0,5 mm, 0,75 mm dan 1 mm). Suhu air limbah dikendalikan normal yaitu <math><38^{\circ}\text{C}</math> dan pH dikendalikan netral yaitu 6-9. Debit aliran limbah cair laundry yang digunakan yaitu 0,25 liter/menit dan lama kontak media yaitu 30 menit.

Efektivitas Adsorpsi Ion Fosfat dan COD

Penentuan efektivitas adsorpsi ion fosfat dan COD dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$E_f = \frac{C_o - C_i}{C_o} \times 100 \%$$

Nilai E_f menunjukkan efektivitas adsorpsi

ion fosfat atau COD oleh adsorbent. Nilai C_o menunjukkan konsentrasi awal ion fosfat dan COD sebelum dikontakkan dengan adsorbent. Nilai C_i adalah konsentrasi akhir ion fosfat dan COD setelah dikontakkan dengan adsorbent.

Analisis Data

Analisis bivariat yang digunakan yaitu uji *One Way Anova* dengan nilai keyakinan yang digunakan 95% dan *level of significant* (α) 5%. Uji lanjutan yang digunakan yaitu *Uji Post Hoc Test* menggunakan *Least Significance Difference* (LSD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu limbah cair laundry

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Suhu Sebelum dan Setelah Pengolahan Filtrasi dengan Zeolit dan *Manganese Greensand*



Suhu rata rata pada kontrol, sebelum dan setelah dilakukan pengolahan yaitu sebesar 26,7 °C, 28,3 °C dan 26,3-26,7 °C. Suhu limbah cair dibawah BMAL sesuai Perda Jateng No. 5 Tahun 2012 yaitu Suhu < 38 °C. Suhu rata-rata limbah cair laundry sebelum proses filtrasi yaitu 28,3 °C dan setelah proses filtrasi suhu rata-rata limbah cair yaitu antara 26,3 – 26,7 °C. Suhu limbah cair laundry dikendalikan agar berada pada suhu normal karena untuk menjaga agar proses adsorpsi tidak terganggu. Suhu terlalu panas pengolahan limbah cair tidak maksimal. Kecepatan adsorpsi oleh limbah cair akan menurun jika suhu limbah cair semakin tinggi. Selain itu suhu limbah cair yang tinggi akan meningkatkan peristiwa desorpsinya.

Semakin tinggi suhu maka akan mendekati titik didih air

sehingga semakin kecil pula peristiwa adsorpsi terjadi. Selain itu jika suhu semakin tinggi maka akan semakin tinggi pula peristiwa desorpsi, kebalikannya yaitu semakin rendah suhu limbah cair laundry $\leq 30^{\circ}\text{C}$ semakin besar pula daya serap/adsorpsi dari zeolit dan *manganese greensand*. Hal ini sejalan dengan penelitian dari Dian Kusuma Rini dan Fendy Anthonius bahwa kecepatan adsorpsi terbesar pada zeolit terjadi pada suhu 30 °C dibandingkan 40 °C dan 50 °C yaitu sebesar 0,00694 %/menit.⁸

pH limbah cair laundry

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan pH Sebelum Pengolahan Filtrasi dengan Zeolit dan *Manganese Greensand*



pH rata rata pada kontrol, sebelum dan setelah dilakukan pengolahan yaitu 8,6, 8 dan 7,6. pH limbah limbah cair dibawah BMAL sesuai Perda Jateng No. 5 Tahun 2012 yaitu antara 6-9. pH rata-rata limbah cair laundry sebelum proses filtrasi yaitu 8,6 dan setelah proses filtrasi pH rata-rata limbah cair yaitu 7,6. pH limbah cair laundry dikendalikan agar berada dalam kondisi netral yaitu antara 6-9. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aprianti, 2015 zeolit mulai rusak pada pH dibawah terlalu asam karena Al yang ada pada zeolit larut sehingga menurunkan kestabilan zeolit. Zeolit akan hidrofobik, sehingga interaksi permukaan adsorbent dengan ion fosfat menjadi semakin lemah. Pada

saat nilai pH terlalu basa nantinya memiliki gaya tolak antar molekul yang besar sehingga mengurangi kapasitas adsorpsi.⁶

Perbedaan efektivitas diameter media zeolit dan *manganese greensand*

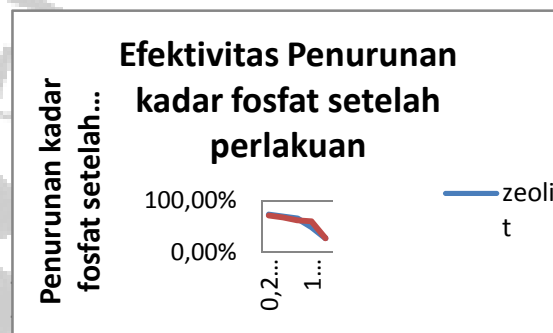
Pada penelitian ini diameter media yang digunakan yaitu 0,25 mm, 0,5 mm, 0,75 mm dan 1 mm. Hasil uji *One Way Anova* didapatkan ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ penurunan kadar fosfat dan COD setelah melalui media zeolit dengan *p-value* = 0,001 dan 0,0001 dan ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ penurunan kadar fosfat dan COD setelah melalui media *manganese greensand* dengan *p-value* = 0,01 dan 0,0001.

Diameter media paling efektif yaitu diameter 0,25 mm yang ditunjukkan dengan nilai mean difference pada uji lanjutan *Least Significance Difference* (LSD) paling besar dibandingkan dengan diameter lainnya. Hal ini dikarenakan kemampuan adsorpsi sangat dipengaruhi oleh ukuran diameter media. Semakin kecil diameter butiran yang digunakan sebagai media adsorbent, maka akan menyebabkan celah-celah semakin kecil, sehingga akan meningkatkan efektivitas penahanan mekanis partikel. Semakin kecil diameter butiran juga akan menyebabkan luas butiran yang dapat menahan partikel semakin besar sehingga akan meningkatkan pengendapan dan adsorpsi.⁹ Hal ini sejalan dengan penelitian Sari, tahun 2014 dengan hasil bahwa efektivitas rata-rata penurunan COD limbah batik terbesar terjadi pada variasi diameter terkecil yaitu 0,2 mm. Pengolahan dengan diameter

tersebut dapat menurunkan kadar COD sebesar sebesar 37,38 %.¹⁰

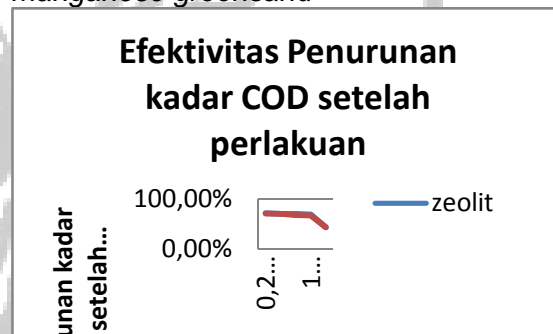
Perbedaan efektivitas media zeolit dan *manganese greensand*

Tabel 3. Efektivitas penurunan kadar fosfat setelah filtrasi dengan zeolit *manganese greensand*



manganese greensand berdiameter 0,25 mm yaitu sebesar 73,30 % dan 71,53 %.

Tabel 3. Efektivitas penurunan kadar COD setelah filtrasi dengan zeolit *manganese greensand*



Efektivitas penurunan kadar COD paling tinggi terjadi pada filtrasi dengan zeolit dan *manganese greensand* berdiameter 0,25 mm yaitu sebesar 71,68 % dan 71,00 %.

Hasil uji *One way Anova* ada perbedaan yang signifikan pada $\alpha = 0,05$ penurunan kadar fosfat dan COD setelah melalui media zeolit dan *manganese greensand* masing masing dengan empat variasi diameter, *p-value* = 0,0001 dan 0,0001. Hasil uji *Least Significance Difference* (LSD) menunjukkan

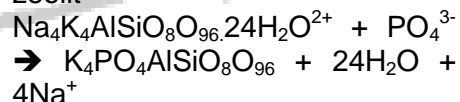
bahwa zeolit dengan diameter 0,25 mm memiliki mean difference lebih besar dibandingkan dengan media *manganese greensand*. Zeolit memiliki efektivitas yang lebih besar dalam menurunkan kadar fosfat dan COD jika dibandingkan dengan *manganese greensand*. Hal ini bisa disebabkan karena *manganese greensand* tidak diaktivasi, hanya dilakukan pencucian saja untuk membersihkan kotoran yang melekat. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya kemampuan *manganese greensand* dalam menjerap ion fosfat sehingga efektivitasnya berkurang. Aktivasi dapat dilakukan dengan penambahan kalium permanganat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Las Thamzil didapatkan *manganese greensand* yang diaktivasi dengan kalium permanganat dapat menurunkan logam berat lebih besar dibandingkan dengan *manganese greensand* yang tidak diaktivasi. *Manganese greensand* yang tidak diaktivasi dimungkinkan masih terdapat pengotor di permukaannya.⁵

Aktivasi akan menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penjerapan. Hal itu terjadi karena banyaknya pori-pori zeolit yang terbuka dan permukaan padatnya menjadi bersih dan luas sehingga efektivitasnya dalam menurunkan kadar fosfat dan COD lebih tinggi jika dibandingkan dengan *manganese greensand*. Zeolit dan *manganese greensand* sama-sama memiliki sifat sebagai adsorbent dan penukar ion.¹¹

Pada penelitian ini penurunan kadar COD disebabkan zeolit menjadi media melekatnya mikroorganisme, hingga membentuk lapisan biologis (biofilm) yang berfungsi menguraikan bahan organik karena kebanyakan mikroorganisme dapat tumbuh pada permukaan padat jika terdapat senyawa organik, garam mineral dan oksigen. Zeolit juga berperan dalam menurunkan kadar COD melalui sifatnya sebagai adsorbent yang dapat menjerap partikel tersuspensi organik pada lubang pori – pori zeolit.¹²

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari beberapa jenis unsur seperti kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat mengikat ion tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel. Zeolit sebagai padatan dapat mengadsorpsi ion dari suatu larutan dengan cara ion dalam larutan menggantikan tempat ion yang ada dalam zeolit. Indriana (1999) menyatakan bahwa sifat zeolit sangat menarik karena dapat dimanfaatkan sebagai penyerap (adsorbent), sedangkan rongga yang terisi ion-ion logam (kation) seperti Natrium (Na) dan Kalium (K) menyebabkan zeolit dapat digunakan sebagai penukar ion penapis molekul. Reaksinya sebagai berikut:¹³

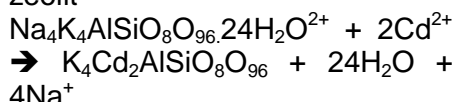
1. Reaksi penyerapan fosfat oleh zeolit



Pada reaksi tersebut akan terjadi pengikatan ion pada zeolit yaitu pengikatan ion fosfat yang bermuatan negatif (PO_4^{3-}) oleh

ion kalium yang bermuatan positif (K^+).

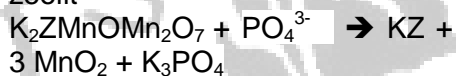
2. Reaksi penyerapan COD oleh zeolit



Pada reaksi tersebut akan terjadi pertukaran ion pada zeolit yaitu pertukaran ion natrium yang bermuatan positif (Na^+) dengan ion cadmium yang bermuatan positif (Cd^{2+}).

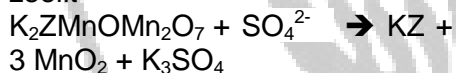
Manganese greensand adalah mineral yang dapat menukar elektron sehingga dapat mengoksidasi fosfat. Fosfat yang tak larut larut dalam air dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Reaksinya sebagai berikut:¹³

1. Reaksi penyerapan fosfat oleh zeolit



Pada reaksi tersebut akan terjadi pengikatan ion pada *manganese greensand* yaitu pengikatan ion fosfat yang bermuatan negatif (PO_4^{3-}) oleh ion kalium yang bermuatan positif (K^+).

2. Reaksi penyerapan COD oleh zeolit



Pada reaksi tersebut akan terjadi pengikatan ion pada *manganese greensand* yaitu pengikatan ion fosfat yang bermuatan negatif (SO_4^{2-}) oleh ion kalium yang bermuatan positif (K^+).

Manganese greensand memiliki ukuran pori sebesar $0,65 \times 0,70$ mm, sehingga ion-ion fosfat yang memiliki ukuran lebih kecil yaitu $0,238$ nm dapat terperangkap masuk ke dalam pori tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Aprianti, ion fosfat dapat teradsorpsi ke pori-pori

manganese greensand sehingga dapat menurunkan kadar ion fosfat pada limbah detergen.⁶ Selama proses berlangsung, kemampuan reaksinya makin lama akan makin berkurang dan akhirnya akan menjadi jenuh. Untuk regenerasinya dapat dilakukan dengan menambahkan larutan kalium permanganat kedalam *manganese greensand* yang telah jenuh.¹⁴

KESIMPULAN

1. Usaha *laundry* Zone dalam satu hari rata rata membutuhkan air sebanyak 264 liter dan detergen sebanyak 4,95 liter detergen cair. Limbah cair *laundry* Zone berwarna hitam keruh, berbau serta memiliki kadar fosfat dan COD yang melebihi baku mutu air limbah
2. Rata-rata kadar fosfat sebelum perlakuan yaitu sebesar 12,36 mg/l. Rata-rata kadar COD sebelum perlakuan yaitu sebesar 5920 mg/l.
3. Perlakuan yang efektif dalam menurunkan kadar fosfat dan COD yaitu perlakuan dengan zeolit berdiameter 0,25 mm dengan dengan rata – rata penurunan kadar fosfat sebesar 10,15 mg/l (73,30%) dan rata – rata penurunan kadar COD sebesar 4971 mg/l (71,68%).

SARAN

1. Bagi Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Semarang
 - a. Memberikan pelatihan kepada pemilik usaha *laundry* mengenai teknologi pengolahan limbah cair *laundry*
 - b. Melakukan pengawasan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan akibat limbah cair *laundry* dengan kadar fosfat dan

- COD tinggi yang dibuang langsung ke badan air
2. Bagi pemilik usaha *laundry* Melakukan pengolahan awal sebelum membuang limbah *laundry* ke saluran air seperti menggunakan metode filtrasi
 3. Bagi peneliti lain
 - a. Melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui tingkat kejenuhan media zeolit dan *manganese greensand*
 - b. Melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan *manganese greensand* teraktivasi, variasi lama kontak serta variasi ketebalan media zeolit dan *manganese greensand* serta dan-radioaktif (diakses pada tanggal 26 Oktober 2015)
 6. Aprianti, K., Destiarti, L., dan Nelly, W. *Karakterisasi Zeolit Mangan Komersial dan Aplikasinya Dalam Mengadsorpsi Ion Fosfat*. Jurnal: Jurusan Kimia, Gakultas MIPA Universitas Tanjungpura. 4 (1), 2015: hlm 51-57
 7. Dwita, S. *Penggunaan Zeolit Alam Yang Telah Diaktivasi Dengan Larutan Hcl Untuk Menjerap Logam-Logam Penyebab Kesadahan Air*. Semarang: Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. 2006.
 8. Lustiningrum, I. *Pengaruh Lama Kontak Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar Kesadahan Air Sumur Di Desa Kismoyoso Kecamatan Ngemplak Kabupaten Boyolali*. Surakarta: Artikel Publikasi Ilmiah Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2013
 9. Benefiel, C., Judkins, J., dan Weand, B. *Process Chemistry for Water and Waste Water Treatment*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliff, New Jersey 07632
 10. Sari, N. *Pengaruh Variasi Diameter Zeolit sebagai media adsorben terhadap kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Effluent IPAL Industri Batik Semarang* 16. Semarang: Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro 2014.
 11. Susilowati, D., dan Suyitno. *Pengaruh Ukuran Butir Zeolit pada Koefisien Perpindahan Massa Stronsium dalam Proses*
- DAFTAR PUSTAKA**
1. Stefhany, C., Sutisna, dan Pharmawati, K. *Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry)*. Bandung: Jurnal Institut Teknologi Nasional, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Lingkungan. 2013
 2. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah
 3. Mukono. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: Airlangga Universitas Press. 2008
 4. Siregar, S. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius. 2005
 5. Thamzil, L. *Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif*. Tangerang: Batan. (online), 2006. <http://www.batan.go.id/ptlr/11id/?q=content/potensi-zeolit-untuk-mengolah-limbah-industri->

- Pertukaran Ion dalam Limbah Radioaktif.* Jakarta: Pusat Teknologi Pengolahan limbah Radioaktif – BATAN: Prosiding Presentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir III Pusat Teknologi Pengolahan limbah Radioaktif. 1997
12. Budijono, Hasbi, M., dan Ahmali. *Efektivitas Pemakaian Zeolit Sebagai Media Biofilter Dalam Menurunkan Polutan Organik Limbah Cair Tahu.* Pekanbaru : Universitas Riau. 2009
13. Siska ,M., dan Salam, R. Desain Eksperimen Pengaruh Zeolit Terhadap Penurunan Limbah Kadmium (Cd). Pekanbaru: Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Vol. 11, No. 2,. 2012
14. Said, N. *Teknologi Pengolahan Air Minum “Teori dan Pengalaman Praktis”.* Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2000