

469/TA-SS/TL-1/FT/XII/2018

**LAPORAN TUGAS AKHIR  
(EV – 003)**

**DAUR ULANG AIR BEKAS CUCIAN KENDARAAN  
MENGUNAKAN REAKTOR KONFIGURASI FILTER ZEOLIT  
TERMODIFIKASI**

**Disusun Oleh:**

**Firman Setiawan  
143050027**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2018**

**DAUR ULANG AIR BEKAS CUCIAN KENDARAAN  
MENGUNAKAN REAKTOR KONFIGURASI FILTER ZEOLIT  
TERMODIFIKASI**

**LAPORAN TUGAS AKHIR  
(EV – 003)**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian Program S-1  
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik  
Universitas Pasundan**

**Disusun Oleh:**

**Firman Setiawan  
143050027**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2018**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR  
(EV – 003)**

**DAUR ULANG AIR BEKAS CUCIAN KENDARAAN  
MENGUNAKAN REAKTOR KONFIGURASI FILTER ZEOLIT  
TERMODIFIKASI**

**Disusun Oleh:**

**Firman Setiawan  
143050027**



**Telah disetujui dan disahkan  
Pada, 6 November 2018**

**Pembimbing I**



**(Dr. Hary Pradiko, ST., MT)**

**Penguji I**



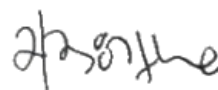
**(Ir. Sri Wahyuni, MT)**

**Pembimbing II**



**(Ir. Lili Mulyatna, MT)**

**Penguji II**



**(Astri W. Hasbiah, ST., M.ENV)**

# DAUR ULANG AIR BEKAS CUCIAN KENDARAAN MENGUNAKAN REAKTOR KONFIGURASI FILTER ZEOLIT TERMODIFIKASI

Firman Setiawan

([firman.143050027@mail.unpas.ac.id](mailto:firman.143050027@mail.unpas.ac.id))

Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan  
Jl. Dr. Setiabudhi No 193 Bandung

## ABSTRAK

Jasa pencucian kendaraan di Kota Bandung memanfaatkan air bersih yang diambil dari dalam tanah atau disebut air tanah. Pengambilan air tanah secara besar-besaran akan mengakibatkan berkurangnya potensi sumber daya air tanah. Selain itu, usaha ini akan menyebabkan pencemaran lingkungan, karena terdapat detergen atau surfaktan anionik dan COD dengan kadar yang tinggi terkandung dalam air limbah tersebut yang akan menyebabkan penurunan kualitas air tanah dan air permukaan sehingga diperlukan penghematan air dengan daur ulang dan perbaikan kualitas air. Tujuan penelitian ini adalah menurunkan kadar COD dan surfaktan dalam air bekas buatan pencucian kendaraan bermotor dengan melakukan variasi ketinggian media, variasi diameter reaktor dan penentuan waktu kontak air limbah buatan pencucian kendaraan bermotor dengan media zeolit termodifikasi (TNZ) tipe RA 52 menggunakan reaktor konfigurasi *batch*. Reaktor berbentuk tabung dengan diameter 10 cm, 15, dan 20 cm, tinggi reaktor 100 cm dan tinggi maksimum media di dalam reaktor sebesar 90 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian media 90 cm, dan diameter reaktor 10 cm dalam waktu kontak selama 5 menit merupakan variasi terbaik dalam penyisihan COD dari konsentrasi awal 452,26 mg/l menjadi 7,54 mg/l (efisiensi 98,33%) dan surfaktan dari konsentrasi awal 351,81 mg/l menjadi 0,00 mg/l (efisiensi 100%). Zeolit termodifikasi tipe RA 52 mampu menyisihkan COD dan surfaktan dengan konsentrasi yang sudah memenuhi baku mutu PERMENLH No.5/2014 dengan nilai untuk COD sebesar 180 mg/l dan untuk surfaktan 3 mg/l.

**Kata Kunci :** *Daur Ulang, Air Bekas, Reaktor, Zeolit Termodifikasi*

# RECYCLING OF VEHICLE WASTE WATER USING REACTORS MODIFIED ZEOLITE FILTERS

**Firman Setiawan**

**([firmans143050027@mail.unpas.ac.id](mailto:firmans143050027@mail.unpas.ac.id))**

Departement of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Pasundan  
University  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung

## ABSTRACT

*Vehicle washing services in the city of Bandung use clean water taken from the ground or called groundwater. Large groundwater extraction will reduce the potential for groundwater resources. In addition, this effort will cause environmental pollution, because high levels of detergents or anionic surfactants and COD contained in the wastewater which will decrease in the quality of ground water and surface water, so that water savings are needed by recycling and water quality improvement. The purpose of this study was to reduce the levels of COD and surfactants in used water made by motor vehicle washing by variation media height in reactor, variation reactor diameter and contact time of motor vehicle wastewater with modified zeolite RA 52 in configuration reactors batch. Tubular reactor with a diameter of 10 cm, 15 and 20 cm, reactor height 100 cm and maximum media height in the reactor of 90 cm. The results showed that the media height of 90 cm, and the reactor diameter of 10 cm in contact time for 5 minutes was the best variation in COD removal from the concentration of 452.26 mg / l to 7.54 mg / l (efficiency of 98.33%) and surfactant from the concentration of 351.81 mg / l to 0.00 mg / l (100% efficiency). modified zeolite type RA 52 was able to set aside COD and surfactants with concentrations that had met the quality standard PERMENLH No.5 / 2014 with standar concentration for COD 180 mg/l and for surfactants 3 mg/l.*

**Keywords:** *Recycling, Vehicle Waste Water, Reaktor, Modified Zeolit Filter.*

# DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	I-3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	I-3
1.4 Sistematika Penulisan Laporan.....	I-4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>II-1</b>
2.1 Air Limbah <i>Greywater</i> .....	II-1
2.2 Penyisihan COD dan Surfaktan dalam Air Limbah.....	II-5
2.2.1 Penyisihan Metode Biodegradasi.....	II-5
2.2.2 Penyisihan Metode Elektrokoagulasi.....	II-6
2.2.3 Penyisihan Metode Membran.....	II-7
2.2.4 Penyisihan Metode Filtrasi.....	II-8
2.2.4.1 Filter Pasir Cepat.....	II-10
2.2.4.2 Filter Pasir Lambat.....	II-10
2.3 Media Filtrasi.....	II-11
2.4 Zeolit.....	II-12
2.4.1 Zeolit Sintetik.....	II-13
2.4.2 Zeolit Alam.....	II-14
2.5 TNZ ( <i>Treated Natural Zeolit</i> ).....	II-16
2.6 Pertukaran Ion ( <i>Ion Exchange</i> ).....	II-18
2.7 Adsorpsi.....	II-20
2.8 <i>Molecular Sieve</i> .....	II-21
2.9 Penelitian Pendahuluan.....	II-21

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>IV-1</b>
3.1 Metode Penelitian .....	III-1
3.2 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.3 Desain Reaktor Sistem Batch .....	III-3
3.4 Daftar Alat.....	III-5
3.5 Daftar Bahan.....	III-6
3.6 Pembuatan Air Baku .....	III-6
3.7 Pelaksanaan Penelitian.....	III-7
3.7.1 Variasi Ketinggian Media .....	III-7
3.7.2 Variasi Diameter Reaktor .....	III-8
3.7.3 Variasi Ukuran Butir Media.....	III-9
3.7.4 Variasi Jenis Air Limbah .....	III-10
3.7.5 Variasi Rangkaian Media Reaktor Batch.....	III-10
3.8 Pemeriksaan Kualitas Air Olahan Konsentrasi .....	III-12
3.9 Pemeriksaan Kemampuan Adsorpsi Zeolit Termodifikasi .....	III-13
3.10 Hasil dan Pembahasan .....	III-13
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Umum.....	IV-1
4.1.1 Air Bekas Buatan.....	IV-1
4.1.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi Surfaktan .....	IV-1
4.2 Hasil Penelitian.....	IV-3
4.2.1 Variasi Ketinggian Media .....	IV-3
4.2.2 Variasi Diameter Reaktor .....	IV-8
4.2.3 Variasi Ukuran Butir Media.....	IV-13
4.2.4 Variasi 3 Jenis Air Limbah .....	IV-18
4.2.5 Variasi Rangkaian Media.....	IV-23
4.3 Hasil Pengujian Terhadap Kemampuan Adsorpsi Zeolit .....	IV-26
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>V-1</b>
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rumus Oksidasi Beberapa Jenis Zeolit Sintetik .....	II-13
Tabel 2.2	Contoh Zeolit Alam yang Umum Ditemukan .....	II-14
Tabel 2.3	Sifat-Sifat dari TNZ .....	II-17
Tabel 2.4	Beberapa Tipe dan Fungsi TNZ.....	II-17
Tabel 2.5	Hasil Analisa Laboratorium Air Olahan Filtrasi.....	II-23
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Surfaktan Pada Panjang Gelombang 652 nm.....	IV-2
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan COD dan Surfaktan Variasi Ketinggian Media.....	IV-5
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan COD dan Surfaktan Variasi Diameter Reaktor .....	IV-9
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan COD dan Surfaktan Variasi Ukuran Butir Media .....	IV-14
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan COD dan Surfaktan Variasi 3 Jenis Air limbah.....	IV-20
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan COD dan Surfaktan Variasi Rangkaian Media.....	IV-24
Tabel 4.7	Hasil Penimbangan Zeolit .....	IV-26



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Molekul Surfaktan .....	II-5
Gambar 2.2	Cara Kerja Surfaktan .....	II-7
Gambar 2.3	Diagram Venn Elektrokoagulasi .....	II-8
Gambar 2.4	Skema Pemisahan Oleh Membran .....	II-8
Gambar 2.5	Proses Pertukaran Ion Ca dengan Na (Pelunakan).....	II-19
Gambar 2.6	Proses Demineralisasi .....	II-19
Gambar 2.7	Proses Adsorpsi Permukaan .....	II-20
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	III-2
Gambar 3.2	Desain Reaktor Penelitian .....	III-4
Gambar 3.3	Ilustrasi Kondisi Reaktor Untuk Variasi Ketinggian Media .....	III-8
Gambar 3.4	Ilustrasi Kondisi Reaktor Untuk Variasi Diameter Reaktor.....	III-9
Gambar 3.5	Ilustrasi Kondisi Reaktor Untuk Variasi Ukuran Butir Media .	III-10
Gambar 3.6	Ilustrasi Kondisi Reaktor Untuk Variasi Jenis Air Limbah.....	III-11
Gambar 3.7	Desain Rangkaian Media Reaktor Batch.....	III-12
Gambar 4.1	Kurva Kalibrasi Surfaktan.....	VI-2
Gambar 4.2	Grafik Konsentrasi Penyisihan COD Variasi Ketinggian Media.....	IV-6
Gambar 4.3	Grafik Konsentrasi Penyisihan Surfaktan Variasi Ketinggian Media Pada Waktu Kontak 5 Menit .....	V-6
Gambar 4.4	Grafik Presentase Penyisihan COD Variasi Ketinggian Media.....	IV-7
Gambar 4.5	Grafik Presentase Penyisihan Surfaktan Variasi Ketinggian Media Pada Waktu Kontak 5 Menit .....	IV-8
Gambar 4.6	Grafik Penyisihan COD Variasi Diameter Reaktor .....	IV-11
Gambar 4.7	Grafik Penyisihan Surfaktan Variasi Diameter Reaktor Pada Waktu Kontak 5 Menit .....	IV-11
Gambar 4.8	Grafik Presentase Penyisihan COD Variasi Diameter Reaktor .....	IV-12
Gambar 4.9	Grafik Presentase Penyisihan Surfaktan Variasi Diameter	

	Reaktor Pada Waktu Kontak 5 Menit .....	IV-12
Gambar 4.10	Grafik Penyisihan COD Variasi Ukuran Butir Media .....	IV-15
Gambar 4.11	Grafik Penyisihan Surfaktan Variasi Ukuran Butir Media Pada Waktu Kontak 5 Menit.....	IV-16
Gambar 4.12	Proses Pertukaran Anion Air Limbah dengan Zeolit .....	IV-17
Gambar 4.13	Grafik Presentase Penyisihan COD Variasi Ukuran Butir Media.....	IV-17
Gambar 4.14	Grafik Presentase Penyisihan Surfaktan Variasi Ukuran Butir Media Reaktor Pada Waktu Kontak 5 Menit.....	IV-18
Gambar 4.15	Grafik Penyisihan COD Variasi 3 Jenis Air Limbah .....	IV-21
Gambar 4.16	Grafik Penyisihan Surfaktan Variasi 3 Jenis Air Limbah Pada Waktu Kontak 5 Menit .....	IV-21
Gambar 4.17	Grafik Presentase Penyisihan COD Variasi 3 Jenis Air Limbah.....	IV-22
Gambar 4.18	Grafik Presentase Penyisihan Surfaktan Variasi 3 Jenis Air Limbah Pada Waktu Kontak 5 Menit.....	IV-22
Gambar 4.19	Grafik Penyisihan COD dan Surfaktan Variasi Rangkaian Media Pada Waktu Kontak 10 Menit .....	IV-24
Gambar 4.20	Grafik Presentase Penyisihan COD dan Surfaktan Variasi Rangkaian Media Pada Waktu Kontak 10 Menit .....	IV-25

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini sangat banyak ditemukan usaha jasa pencucian kendaraan bermotor di Indonesia terutama di kota metropolitan seperti Bandung. Usaha ini sangat memberikan dampak yang besar terhadap masyarakat seperti membuka lapangan pekerjaan dan membantu masyarakat yang sibuk untuk membersihkan kendaraannya. Tetapi semakin menjamurnya usaha jasa ini mengakibatkan kebutuhan air bersih dan pembuangan air bekas pun semakin bertambah. Kebanyakan jasa pencucian kendaraan di Kota Bandung memanfaatkan air bersih yang diambil dari dalam tanah atau disebut air tanah.

Air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir di bawah permukaan tanah sebagai akibat stuktur perlapisan geologi, beda potensi kelembaban tanah dan gaya gravitasi bumi (Asdak, 2002). Kebutuhan air untuk usaha pencucian kendaraan bermotor sangat besar, di mana air yang diperoleh berasal dari air tanah. Pengambilan air tanah secara besar-besaran akan mengakibatkan penurunan permukaan tanah. Tercatat penggunaan air tanah di kota Bandung pada tahun 2006 mencapai 76,8 juta m<sup>3</sup>/tahun.

Selain itu usaha ini akan menyebabkan pencemaran lingkungan bila dalam pembuangan limbah tidak diolah terlebih dahulu, karena terdapat detergen atau surfaktan ionik dan minyak dengan kadar yang tinggi terkandung dalam air limbah tersebut. Kondisi ini akan menyebabkan penurunan kualitas air tanah dan air permukaan serta menimbulkan bau yang tidak sedap, hal ini disebabkan karena detergen dan minyak sulit terurai secara biologi (*nonbiodegradable*).

Deterjen yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan industri menggunakan formula yang sangat kompleks yaitu lebih dari 25 bahan. Namun secara umum penyusun deterjen dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan, *builders*, *bleaching agent* dan bahan aditif (Smulders, 2002). Surfaktan berfungsi untuk mengangkat kotoran yang menempel pada kendaraan baik yang larut dalam air maupun yang tak larut dalam air. Setelah surfaktan, kandungan lain yang penting

adalah penguat (*builders*) yang meningkatkan efisiensi surfaktan. *Builders* digunakan untuk melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral - mineral yang terlarut, sehingga surfaktan dapat berfungsi dengan lebih baik.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri Sabun, Deterjen dan Produk Minyak Nabati kadar maksimum Surfaktan (MBAS) adalah 3 mg/l dan kadar maksimum COD adalah 180 mg/l.

Semakin banyak kandungan organik di dalam air limbah maka kadar COD semakin tinggi. Menurut Metcalf dan Eddy (1991), COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Konsentrasi COD dalam air harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan. Salah satu pilihan dari pengolahan yang ekonomis dan sesuai dengan air limbah dari usaha pencucian kendaraan ini adalah filter dengan media zeolit.

Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$ . Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Breck, 1974; Chetam, 1992; Scot dkk., 2003).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang pengolahan air limbah cucian kendaraan bermotor. Untuk menanggulangi masalah tersebut dapat dilakukan pengolahan dengan penyisihan menggunakan metode biodegradasi, elektrokoagulasi, membran, dan metode filtrasi. Pada penelitian ini digunakan metode filtrasi karena sederhana, mudah dilakukan, dan mampu menurunkan konsentrasi COD dan surfaktan. Media filtrasi yang digunakan yaitu zeolit termodifikasi tipe RA 52, karena memiliki sifat *anionic exchanger*. Media yang digunakan adalah bahan yang relatif murah dan mudah didapat. Penggunaan zeolit termodifikasi tipe RA 52 diharapkan dapat menurunkan kadar Surfaktan (MBAS) dan COD dalam air bekas cucian kendaraan bermotor.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan pengolahan air limbah cucian kendaraan bermotor dengan menggunakan reaktor filtrasi media zeolit termodifikasi RA 52. Tujuan penelitian ini adalah menemukan besarnya penurunan kadar Surfaktan (MBAS) dan COD dalam air bekas buatan dengan menggunakan reaktor filtrasi media zeolit termodifikasi (TNZ) tipe RA 52 ukuran butir 1, 2, dan 3 mm.

## 1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Air yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah air bekas cucian kendaraan buatan yang terdiri dari campuran air keran Laboratorium Air Teknik Lingkungan UNPAS yang dicampur dengan sabun yang digunakan di 3 macam lokasi pencucian kendaraan dengan kadar yang sesuai dengan air limbah yang dihasilkan.
2. Media penyisihan air bekas cucian kendaraan buatan yang digunakan adalah zeolit termodifikasi tipe RA 52 dengan ukuran butir bervariasi yaitu 1, 2 dan 3 mm.
3. Tabung reaktor penyisihan air bekas berbentuk silinder dengan diameter bervariasi yaitu 10, 15 dan 20 cm.
4. Melakukan variasi 3 ketinggian media dalam reaktor dengan ukuran 30, 60 dan 90 cm untuk mencari ketinggian yang efektif.
5. Melakukan variasi 3 ukuran reaktor dengan ukuran 10, 15 dan 20 cm untuk mencari diameter yang efektif dalam menurunkan Surfaktan (MBAS) dan COD.
6. Melakukan variasi 3 ukuran butir media untuk mencari media yang efektif dalam menurunkan Surfaktan (MBAS) dan COD.
7. Melakukan variasi 2 konfigurasi media, baik itu karbon aktif dahulu baru zeolit dan zeolit dahulu baru karbon aktif.
8. Parameter yang akan diuji adalah parameter kimia meliputi kandungan Surfaktan (MBAS) dan COD.
9. Pengolahan data dan analisis.

#### **1.4 Sistematika Penulisan**

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun dengan menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung penelitian dengan bersumber pada literatur dan jurnal serta penelitian-penelitian terdahulu.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang daftar alat dan bahan yang digunakan, diagram alir penelitian, metode pengumpulan data serta metode analisa data yang digunakan dalam penelitian.

##### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjelaskan mengenai hasil yang diperoleh selama penelitian disertai dengan analisis data dan pembahasannya.

##### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Menyajikan kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat berguna pada penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Tuty E. Luigi, Chris. Lorenza, Tizana. 2015. *Pengaruh Ketinggian Zeolit Dan Suhu Aktivasi Zeolit Terhadap Penurunan Konsentrasi Fosfat Pada Air Limbah Laundry Sintetik*. Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 21, Januari 2015. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan.
- Al-Jayyousi. 1999. *Rehabilitation of Irrigation Distribution Systems: The Case of Jericho City*, *Int.j. Water Resources Management* 13, 117-132p. Kluwer Academic Publisher. Netherlands
- Asadiya, Afiya dan Karnaningroem, Nieke. 2018. *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif*. Jurnal Teknik Its Vol. 7, No. 1, (2018) Issn: 2337-3539 (2301-9271 Print). Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Breck, Donald. 1974. *Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use*. John Wiley and Sons. London
- Budi, Eko Setyo. Suseno, Ahmad. Cahyono, Bambang. 2013. *Modifikasi Zeolit Alam Dengan Surfaktan Heksadesiltrimetilammonium Klorida Sebagai Adsorben Ion Nitrat*. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Cheetam, Alfred. 1992. *Solid State Compound*. Oxford university. Clarendon Press Publication. Inggris.
- Christova, Boal. Evans, Robin. McFarlane. 1996. *An Investigation into Gray Water Reuse for Urban Residential Properties*. Australia.

- Cheremisinoff, Paul. 1978. *Carbon Adsorption Handbook*. Ann Arbor Science Publ Inc. Michigan.
- Del Porto, David dan Steinfeld. 2000. *Composting Toilet System Book: A Practical Guide Pollution to Choosing, Planning, and Maintaining Composting Toilet Systems*. Center of Ecological Prevention. Mexiko
- Droste, Ronald. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley and Sons Inc. USA
- Fessenden, Ralp. 1999. *Kimia Organik*. Jilid 1, Edisi ketiga. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Gupta, Ram dan Demirbas, Ayhan. 2010. *Energy Gasoline, Diesel, and Ethanol*. Cambridge University Press. New York.
- Hartati, Etih. 2007. *Studi Pengolahan Kandungan Ion Logam (Fe,Mn,Cu,Zn) Lindi Sampah oleh Zeolit*. Jurusan Teknik Lingkungan, ITENAS. Bandung.
- Holt, Barton. Wark, Michael. Mitchell, Cynthia. 2001. *A Quantitative Comparison Between Chemical Dosing and Electrocoagulation*. Colloids and Surfaces. Physicochem. English.
- Kundari, Nurhidayanti dan Wiyuniati, Slamet. 2008. *Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci PCB dengan zeolit*. Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Ledin, Henry dan Sarathai. 2001. *Greywater Treatment On Household Level In Developing Countries – A State Of The Art Review*. Federal Institute of Technology Zurich. Swiss.
- Maryani, Deni. dan Ali, Masduqi. 2014. *Pengaruh Ketebalan Media dan Rate filtrasi pada Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan dan Total Coliform*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 3, No.2, (2014) Issn: 2337-3539 (2301-9271 Print). Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- Maretha, Adisty. Oktiawan, Wiharyanto. Rezagama, Arya. 2012. *Pengolahan limbah laundry dengan penambahan koagulan poly aluminium chloride (PAC) dan filter karbon aktif*. Jurnal. Teknik Lingkungan. Semarang.



- Metcalf dan Eddy. 1991. *Water Reuse Issues, Technologies, and Applications*. New York.
- Mubarak, Syahrul. 2016. *Pengolahan Limbah Cair Kantin MIPA Menggunakan Zeolit Alam dan Pasir Silika Sebagai Media Filter*. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Muin, Zulkarnaen. Direktur PT. Muin Bangun Persada. (Mei 2018 & Juli 2018). Komunikasi Personal.
- Mulder, Marcel. 1996, *Basic principles of membrane technology*. 2nd ed. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht.
- Mollah. 2000. *The influence of agency costs on dividend policy in the an emerging market: evidence from the Dhaka stock exchange*. Science and Aplication Gill.
- Mortimer, Michael. dan Taylor, Peter. 2002. *Chemical Kinetics and Mechanism*. RSC. Cambridge.
- Natanael, Christi. Ernawati, Evy. Mubarak, Haryono. 2016. *Pengolahan Limbah Cair Kantin MIPA Menggunakan Zeolit Alam dan Pasir Silika*. Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran. Bandung
- Nugroho, Wahyu dan Purwoto, Setyo. 2013. *Removal Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif*. Jurnal . Universitas Adi Buana. Surabaya.
- Nurhayati, Indah. Sustrisno, Joko. Sofyan, Mochamad. 2018. *Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Ampas Tebu Dan Fungsinya Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair*. Jurnal Teknik WAKTU Volume 16 Nomor 01 Januari 2018 ISSN:14121867. Teknik Lingkungan, FTSP UNIPA. Surabaya.
- Peinado, Diana. Thomson, Lynn. Adam, Clare. Gratz, Silvia. 2016. *Effects of dietary fibre (pectin) and/or increased protein (casein or pea) on satiety, body weight, adiposity and caecal fermentation in high fat diet-induced obeserats*. Rowett Institute. Inggris
- Pradiko, Hary. Prayatni, Soewondo. Suryadi, Yadi. 2015. *The change of hydrological regime in upper Cikapundung Watershed, West Java Indonesia*. Department of Environmental Engineering Faculty of Civil and Environmental Engineering ITB. Bandung

- Pratiwi, Suci. 2017. *Efisiensi Penyisihan Kesadahan Menggunakan Zeolit Alam dan Zeolit Termodifikasi*. Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan UNPAS. Bandung.
- Prasetyo, Deddy. 2018. *Penyisihan Fosfat (PO<sub>4</sub>) dalam Air Bekas Buatan Menggunakan Zeolit Termodifikasi Treated Natural Zeolite (TNZ) RA52 dan Karbon Aktif*. Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan Universitas Pasundan, Bandung.
- Putra, Salman Yasir Fakhry, Kundari, Noor Anis, dan Basuki, Kris Tri. 2016. *Perancangan Reaktor Batch Untuk Pemisahan Perak Dari Larutan Bekas Pencucian Film Radiografi*. Jurnal Forum Nuklir (JFN). BATAN. Yogyakarta, Indonesia.
- Rahmadhani, Dian Sari. 2014. *Perbedaan Keefektifan Media Filter Zeolit Dengan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Di Desa Kismoyoso Ngemplak Boyolali*. Tugas Akhir Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Rahadiansyah. 2017. *Efisiensi Penyisihan Fe, Mn dan Kesadahan dalam Air Tanah Dengan Menggunakan Saringan Kombinasi Zeolit Termodifikasi Treated Natural Zeolite (TNZ RC 42 dan TNZ RC 22) dan Karbon Aktif*. Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan Universitas Pasundan, Bandung.
- Rini, Dian Kusuma dan Lingga, Fendy. 2010. *Optimasi Aktivasi Zeolit Alam Untuk Dehumidifikasi*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ristiana, Nana dan Astuti, Dwi. 2009. *Keefektifan Ketebalan Kombinasi Zeolit Dengan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Di Karangtengah Weru Kabupaten Sukoharjo*. Jurnal Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Said, Nusa Idaman. 2005. *Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Skala Individual "Tangki Septik Filter Upflow"*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Sari dan Widiastuti, Nurul. 2010. *Adsorpsi Methylen Blue Dengan Abu Dasar PT. IPMOMI Probolinggo Jawa Timur Dan Zeolit Berkarbon*. Prosiding Kimia FMIPA ITS. Surabaya.

- Selintung, Mary dan Syahrir, Suryani. 2012. *Studi Pengolahan Air Melalui Media Filter Pasir Kuarsa (Studi Kasus Sungai Malimpung)*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unhas.
- Setiadi. 2007. *Pengolahan dan Penyediaan Air*. Balai Pustaka. Bandung
- Sisyanreswari. 2014. *Penurunan TSS, COD, dan fosfat pada limbah laundry menggunakan koagulan tawas dan media zeolit*. *Jurnal Teknik Lingkungan ITS*, Surabaya.
- Smulder, Eduard. 2002. *Laundry Detergents*. Wiley-VCH Verlag GmbH. Germany
- Sularso. 1998. *Penurunan Kadar Fe dan Mn Air sumur dengan Kombinasi Proses Aerasi dan Proses Saringan Pasir Cepat Perumnas II Tangerang Jawa Barat*. STTI YLH. Yogyakarta
- Soekidjo, Notoatmodjo. 2003. *Pengembangan Sumber Daya Manusia*. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Ulfin, Ita. 2013. *Penukar Ion*. Institut Teknologi Surabaya. Surabaya
- Wenten, Gede. 1999. *Teknologi Membran Industrial*. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Worch, Eckhard. 2012. *Adsorption Technology In Water Treatment*. De Gruyter. Berlin
- Yuliana. 2015. *Immobilisasi Ditizon Pada Zeolit Sintesis Abu Dasar Batubara Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Pb<sup>2+</sup>*. Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.