

Perbedaan Asal Media Penukar Ion untuk Menurunkan Kesadahan Air Sumur Gali

Dike Fitriana*, Herman Santjoko*, M. Mirza Fauzie*

*Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta,
Jl. Tatabumi 3, Gamping, Sleman, DIY, 55293
email: dikefitriana11@gmail.com

Abstract

One of compulsory chemical parameters of water for sanitation and hygiene needs is hardness (CaCO_3). One method to reduce water hardness is by ion exchanging. This study used natural zeolite from Gedang Sari, Gunung Kidul; bentonit from Nanggulan, Kulon Progo, and zeolite from a chemical store. The study was a true experiment with one group pre-test post-test design, and was conducted in June and July 2018. The hard water samples were taken from Wonotawang Village RT 11 of Bangunjiwo, Kasihan, Bantul. The water treatment were held in nine replications. The data were analyzed by using one way analysis of variance at 95 % confidence level. Descriptively, the average of hardness reduction yielded from Gunung Kidul's zeolites was 50,90 %, from Kulon Progo's Bentonite was 66,11 %, and from zeolite of chemical store was 56,19 %. Statistical analysis produced a p-value of 0,037 which means that in filtration process the three medias have significant different ability in reducing water hardness.

Keywords : ion exchange media, water hardness, natural zeolite, synthetic zeolite, bentonite

Intisari

Salah satu parameter kimia wajib bagi air untuk keperluan higiene sanitasi adalah kesadahan (CaCO_3). Salah satu cara menurunkan kesadahan adalah dengan metode pertukaran ion (ion exchange). Dalam penelitian ini digunakan media zeolit alam yang berasal dari Gedang Sari, Gunung Kidul; Bentonit dari Nanggulan, Kulon Progo, dan zeolit dari toko kimia. Penelitian yang dilakukan adalah true experiment dengan pendekatan one group pre-test post-test design. Penelitian dilakukan pada bulan Juni-Juli 2018. Sampel air sadah yang digunakan berasal dari Dusun Wonotawang RT 11, Bangunjiwo, Kasihan, Bantul. Perlakuan dilakukan dalam sebilan kali ulangan. Analisis data menggunakan one way analysis of variance pada derajat kepercayaan 95 %. Secara deskriptif, rata-rata penurunan kesadahan dengan menggunakan media zeolit dari Gunung Kidul adalah sebesar 50,90 %, bentonit dari Kulon Progo 66,11%, dan zeolit yang dijual di toko kimia 56,19 %. Hasil analisis statistik menghasilkan nilai p sebesar 0,037 yang menunjukkan bahwa ketiga media yang digunakan memiliki perbedaan kemampuan yang signifikan dalam menurunkan kesadahan air setelah digunakan dalam penyaringan.

Kata Kunci : media penukar ion, kesadahan air, zeolit alam, zeolit sintesis, bentonit

PENDAHULUAN

Air merupakan zat yang memiliki peranan sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Manusia akan lebih cepat meninggal karena kekurangan air daripada kekurangan makanan. Tubuh manusia sebagian besar terdiri dari air. Manusia membutuhkan air untuk keperluan konsumsi, penunjang aktivitas rumah tangga, pengairan dan irigasi, sarana rekreasi, serta berbagai keperluan lainnya.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan

Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus per Aqua*, dan Pemandian Umum, yang dimaksud dengan air untuk keperluan higiene sanitasi adalah air dengan kualitas tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum. Salah satu parameter kimia wajib air untuk keperluan higiene sanitasi adalah kesadahan (CaCO_3).

Standar baku mutu kesadahan atau CaCO_3 yang diperbolehkan terdapat di dalam air untuk keperluan higiene sanitasi, maksimal adalah 500 mg/l. Nilai kesadahan air sumur gali dalam jumlah

yang berlebih dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia ¹⁾.

Air dengan kesadahan tinggi kurang baik jika digunakan untuk keperluan rumah tangga. karena mengakibatkan konsumsi sabun lebih banyak sehingga kurang efektif. Hal itu terjadi karena salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca atau Mg. Kerugian yang lain adalah munculnya kerak pada panci perebus air atau tempat penampung air.

Berdasarkan kasus tersebut, perlu dilakukan upaya untuk menurunkan kesadahan air. Salah satu caranya adalah dengan metode pertukaran ion (*ion exchange*). Pertukaran ion dapat dilakukan dengan menggunakan media zeolit baik itu alami maupun sintetis.

Zeolit alam di Indonesia dapat ditemukan di beberapa daerah, salah satunya di Kabupaten Gunung Kidul. Kandungan Zeolit dari Desa Gedang Sari, salah satu desa di Gunung Kidul, terdiri dari: SiO₂ 62,75 %, Al₂O₃ 13,63 %, Fe₂O₃ 2,12 %, CaO 3,42 %, MgO 0,87 %, Na₂O 1,32 %, dan K₂O 1,39 % ²⁾. Sementara itu, zeolit yang biasa dijual di toko-toko penjualan bahan kimia memiliki kandungan kimia yang terdiri dari SiO₂ 67,43 %, Al₂O₃ 11,104 %, Fe₂O₃ 0,997 %, CaO 0,139 %, MgO 0,176 %, Na₂O 3,064 %, dan K₂O sebesar 0,966 %.

Selain menggunakan media zeolit, baik yang berasal dari alam maupun sintetis, pertukaran ion juga dapat dilakukan dengan menggunakan media bentonit. Bentonit alam dari Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo mempunyai beberapa kandungan kimia yang sama dengan zeolit alam. Kandungan bentonit yang ada di Nanggulan, salah satu kecamatan di Kabupaten Kulon Progo, terdiri dari senyawa-senyawa SiO₂ 62,12 %, Al₂O₃ 17,33 %, Fe₂O₃ 5,30 %, MgO 3,30 %, CaO 3,68 %, K₂O 0,55 %, Na₂O 0,50 %, dan H₂O 7,22 % ³⁾.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan di Dusun Wonotawang RT 11, Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul pada tanggal 23 Januari 2018, diperoleh nilai kesadahan mencapai 498,4 mg/l.

Dari uraian di atas, penulis tertarik untuk mengetahui kemampuan menu-

runkan kesadahan dari media zeolit alam yang berasal dari Gedang Sari, Gunung Kidul; bentonit dari Nanggulan, Kulon Progo, dan zeolit yang dijual di toko kimia.

METODE

Penelitian ini adalah eksperimen dengan rancangan *one group pre-test post-test design* ⁴⁾. Obyek penelitian adalah media zeolit alam dari Gedang Sari, Gunung Kidul dengan rasio Si/Al 4,06; bentonit dari Nanggulan, Kulon Progo dengan rasio Si/Al 3,16; dan zeolit dari toko kimia dengan rasio Si/Al 5,35. Media-media penukar ion tersebut berukuran 0,3-0,5 cm dengan berat 3,5 kg yang dimasukkan ke dalam pipa PVC berukuran 3 inchi dengan tinggi 80 cm untuk masing-masing ulangan.

Jalannya penelitian meliputi beberapa tahap, yaitu: 1) tahap persiapan, yang terdiri dari: persiapan lokasi penelitian; pembuatan desain alat; tahap pencarian media penukar ion; tahap persiapan alat dan bahan; tahap membuat media penukar ion; pembuatan alat; perhitungan debit; 2) tahap pelaksanaan penelitian, yang terdiri dari: pengambilan air sadah dari lokasi yang ditentukan; pengambilan sampel air sadah awal (*pre-test*) dan pemberian label; melakukan penyaringan air sadah; mengambil sampel air akhir (*post-test*) dan pemberian label; 3) melakukan pemeriksaan kesadahan; 4) mencatat hasil pengukuran pada tabel penelitian; 5) pegulangan penyaringan; 6) tahap analisis data, dimana data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dengan tabulasi dan menghitung penurunan kesadahan air, dan secara analitik dengan menggunakan uji *one way analysis of variance* dengan taraf signifikansi atau $\alpha = 0,05$.

HASIL

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kesadahan air rata-rata pada awal pengukuran (*pre-test*) sebesar 327,78 mg/l, dimana menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 ada pada batas aman karena masih di ba-

wah nilai ambang baku mutu yaitu 500 mg/l. Sedangkan menurut Sumantri ⁵⁾ nilai kesadahan air tersebut sudah termasuk dalam kategori sangat keras (di atas 300 ppm).

Tabel 1.
Nilai kesadahan air sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) dilakukan penyaringan menggunakan media penukar ion

Ujangan	Penurunan tingkat kesadahan (mg/l)					
	Media penukar ion dari Gn Kidul		Media penukar ion dari KI Progo		Media penukar ion dari toko kimia	
	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>
1	344	120	344	120	344	160
2	316	136	316	80	316	112
3	344	148	344	84	344	84
4	346	160	346	156	346	100
5	304	200	304	96	304	200
6	312	172	312	104	312	148
7	324	196	324	160	324	112
8	312	180	312	124	312	200
9	348	124	348	80	348	164
Juml	2950	1436	2950	1004	2950	1280
X	327,78	159,56	327,78	111,56	327,78	142,22

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa: 1) setelah dilakukan pengolahan berupa penyaringan dengan menggunakan media zeolit dari Gunung Kidul, rerata nilai kesadahan akhir (*post-test*) turun menjadi 159,56 mg/l. Menurut Sumantri ⁵⁾, nilai kesadahan tersebut masuk dalam kategori keras (150-300ppm); 2) dengan menggunakan media bentonit dari Kulon Progo, rata-rata nilai kesadahan akhir (*post-test*) turun menjadi 111,56 mg/l. Menurut Sumantri, nilai kesadahan akhir tersebut masuk dalam kategori agak keras (50-150 ppm); dan 3) dengan menggunakan media zeolit yang diperoleh dari sebuah toko kimia, rata-rata nilai kesadahan akhir (*post-test*) turun menjadi 142,22 mg/l, dimana menurut Sumantri nilai tersebut masuk dalam kategori agak keras (50-150 ppm) ⁵⁾.

Tabel 2 berikut menunjukkan perbedaan persentase penurunan kesadahan air setelah dilakukan penyaringan menggunakan ketiga jenis media. Terlihat dari tabel tersebut bahwa rerata persentase penurunan kesadahan dengan menggunakan media zeolit dari Gunung Kidul adalah sebesar 50,9 %, menggunakan media bentonit dari Kulon Progo sebesar 66,11 %, dan menggunakan media zeolit dari toko kimia sebesar 50,9 %.

Tabel 2.
Perbedaan persentase tingkat penurunan kesadahan air setelah dilakukan penyaringan menggunakan media penukar ion

Ujangan	Penurunan tingkat kesadahan (%)					
	Media penukar ion dari Gn Kidul		Media penukar ion dari KI Progo		Media penukar ion dari toko kimia	
	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>	<i>Pre test</i>	<i>Post test</i>
1	65,12	65,12	53,49	65,12	65,12	53,49
2	56,96	74,68	64,56	56,96	74,68	64,56
3	56,98	77,33	75,58	56,98	77,33	75,58
4	53,76	54,91	71,1	53,76	54,91	71,1
5	34,21	68,42	34,21	34,21	68,42	34,21
6	44,87	66,67	52,56	44,87	66,67	52,56
7	39,5	50,62	65,43	39,5	50,62	65,43
8	42,31	60,26	35,9	42,31	60,26	35,9
9	64,37	77,01	52,87	64,37	77,01	52,87
Juml	458,08	595,02	505,7	458,08	595,02	505,7
X	50,9	66,11	56,19	50,9	66,11	56,19

Hasil uji normalitas data menunjukkan bahwa penurunan kesadahan air dengan menggunakan ketiga jenis media, semuanya memenuhi asumsi distribusi normal (nilai-nilai $p > 0,05$). Adapun untuk uji homogenitas diperoleh nilai p sebesar 0,375 yang berarti data homogen.

Berdasarkan hasil uji Anova diperoleh nilai p sebesar 0,037 yang berarti bahwa penyaringan dengan media zeolit alam dari Gunung Kidul, bentonit dari Kulon Progo, dan zeolit yang dijual di toko kimia memiliki perbedaan kemampuan dalam menurunkan kesadahan air.

PEMBAHASAN

Media penukar ion yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari dua wilayah berbeda, yaitu Gunung Kidul dan Kulon Progo, serta dari toko kimia. Pengambilan media dari dua wilayah tersebut didasarkan pada keadaan geologi yang berbeda yang terwujud dalam jenis batuan dan struktur tanah yang berbeda pula.

Kondisi geologi Gunung Kidul mempengaruhi pembentukan tanah yang beragam, yaitu latosol, kompleks latosol, asosiasi medeteran merah dan renzenia, grumosol, dan asosiasi latosol merah dan litosol. Jenis tanah latosol, dengan batuan induk kompleks sedimen tufan dan batuan vulkanik. Dalam batuan tufa atau *tuff* di Gunung Kidul terdapat endapan zeolit yang berasal dari sedimen debu vulkanik. Zeolit yang ditemukan di Gunung Kidul termasuk dalam Formasi Semilir dengan ketebalan 460 cm⁶⁾.

Menurut Van Bemellen, Pegunungan Kulon Progo dikelompokkan menjadi beberapa formasi berdasarkan batuan penyusunnya. Formasi tersebut dimulai dari yang paling tua adalah formasi Nanggulan, formasi Andesit Tua, formasi Jonggrangan, formasi Sentolo, dan formasi Alluvian dan gumpul pasir. Formasi Nanggulan mempunyai penyusun yang terdiri dari batu pasir, sisipan lignit, napal pasiran dan batu lempungan dengan konkresi limonit, batu gamping dan *tuff*, kaya akan fosil foraminifera dan moluska dengan ketebalan 300 m. Dalam batuan tufa atau *tuff* pada formasi Nanggulan terdapat jenis batuan bentonit yang berasal dari proses pengendapan batuan dengan ketebalan 200 m⁷⁾.

Adapun untuk media penukar ion zeolit yang diperoleh dari toko kimia, telah melalui suatu proses pengolahan dari zeolit alam menjadi zeolit yang sudah teraktivasi hasil buatan pabrik, sehingga sudah siap digunakan untuk melakukan pengolahan air.

Media penukar ion yang digunakan mempunyai rasio Si/Al 4,06 untuk zeolit alam dari Gedangsari, Gunungkidul; rasio 3,16 untuk bentonit dari Nanggulan, Kulon Progo; rasio 5,35 untuk zeolit dari

toko kimia. Menurut perhitungan, nilai rasio Si/Al hasil penurunan kesadahan air akan lebih tinggi pada penyaringan air dengan menggunakan media bentonit dari Kulon Progo.

Perbedaan perbandingan Si/Al dapat terjadi karena perbedaan proses terbentuknya suatu media penukar ion dan proses pengolahan media tersebut. Media penukar ion zeolit dari Gunung Kidul berasal dari sedimen debu vulkanik. Endapan zeolit tersebut terbentuk karena perubahan komposisi indikasi debu vulkanik yang mengalami alterasi dan tersingkap pada batas cekungan. Endapan zeolit ini mempunyai struktur yang sangat sederhana dan ketebalannya hanya beberapa meter.

Media penukar ion bentonit dari Kulon Progo berasal dari proses pengendapan batuan. Proses pengendapan bentonit secara kimiawi dapat terjadi sebagai endapan sedimen dalam suasana basa (alkali) dan terbentuk pada cekungan sedimen yang bersifat basa, dimana unsur pembentuknya antara lain adalah karbonat, silika pipih, fosfat laut, dan unsur lainnya yang bersenyawa dengan unsur aluminium dan magnesium⁸⁾.

Sementara itu, media penukar ion zeolit dari toko kimia telah melalui suatu proses sehingga mempengaruhi kandungan kimianya yang akan berdampak pada perbandingan Si/Al yang semakin kecil dari sebelumnya.

Kekuatan media penukar ion sebagai penyerap (absorpsi), katalis, dan pertukaran ion sangat tergantung pada perbandingan Al dan Si. Media yang mempunyai perbandingan Si/Al 5 atau kadar Si sedang, menjadikan kerangka tetrahedral Al yang tidak stabil terhadap pengaruh asam dan panas sehingga menjadikan media sebagai media absorpsi. Media yang mempunyai perbandingan Si/Al antara 10-100 atau kadar Si tinggi, menjadikan media sebagai katalis. Daya pertukaran ion maksimum terjadi pada zeolit dengan kadar Si rendah atau mengandung Al (kaya dengan Al) sehingga efektif untuk pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas besar. Kadar Al dicapai jika perbandingan Si dan Al mendekati 1⁹⁾.

Media zeolit dari Gunung Kidul dapat menurunkan kesadahan air dari 327,78 mg/l menjadi 159,56 mg/l atau turun sebesar 50,90 %. Pada penelitian ini, penurunan kesadahan yang terjadi sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Hermana, bahwa zeolit alam yang digunakan dapat menurunkan kesadahan sebesar 65,01 %¹⁰⁾.

Media bentonit dari Kulon Progo yang digunakan pada penelitian ini dapat menurunkan kesadahan air dari 327,78 mg/l menjadi 111,56 mg/l, atau turun 66,11 %. Pada penelitian ini terjadinya penurunan kesadahan sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Sulistyarningsih bahwa penurunan kesadahan air yang terjadi sebesar 94,38 % untuk penurunan ion kalsium dan 98,12 % untuk penurunan ion magnesium¹¹⁾. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan Ratnasari menghasilkan penurunan kesadahan air sebesar 31,74 %³⁾.

Media zeolit dari toko kimia yang digunakan pada penelitian ini dapat menurunkan kesadahan air dari 327,78 mg/l menjadi 142,22 mg/l atau turun sebanyak 56,19 %. Penelitian yang dilakukan oleh Ratnasari menghasilkan penurunan kesadahan air sebesar 68,59 %³⁾.

Menurut perbandingan Si/Al pada masing-masing media penukar ion yang telah dijabarkan di atas, urutan tingkat kemampuan menurunkan kesadahan air yaitu pertama adalah media bentonit dari Kulon Progo, kedua adalah zeolit dari Gunung Kidul, dan yang terakhir adalah zeolit dari toko kimia. Tetapi hasil penurunan Kesadahan pada penelitian ini tidaklah sesuai dengan nilai perbandingan Si/Al, yaitu urutan pertama media bentonit dari Kulon Progo, kedua zeolit dari toko kimia, dan ketiga zeolit dari Gunung Kidul.

Berbedanya penurunan kesadahan yang diperoleh dari hasil penelitian ini dengan nilai perbandingan Si/Al yang telah diketahui, kemungkinan disebabkan oleh adanya senyawa atau unsur pengotor dalam jumlah tertentu yang dapat mempengaruhi sifat dan kualitas dari media penukar ion. Pengotor tersebut berupa Ca, Mg, Fe yang juga dapat menyebabkan peningkatan kesadahan¹²⁾.

Selain itu, faktor-faktor yang mempengaruhi pertukaran ion adalah pH, debit aliran, jumlah media penukar ion, suhu, dan porositas. Dalam penelitian ini pH, dan jumlah media penukar ion telah diberlakukan sama untuk setiap media penukar ion yang digunakan. pH media yang digunakan dibuat menjadi netral dengan cara dibilas. Jumlah media penukar ion telah dibuat sama yaitu 3,5 kg dengan diameter antara 0,3-0,5 cm. Debit aliran yang digunakan berbeda-beda untuk setiap media penukar ion, yaitu 136,7 ml/menit untuk tabung dengan media zeolit alam dari Gedangsari, Gunung Kidul; 129,7 ml/menit untuk tabung dengan media bentonit dari Nanggulan, Kulon Progo, dan 113,7 ml/menit untuk tabung dengan media zeolit dari toko kimia. Perbedaan debit aliran dikarenakan peneliti ingin mempertahankan waktu kontak yang digunakan yaitu 30 menit, sehingga menghasilkan debit yang berbeda-beda dengan waktu kontak yang sama. Sedangkan untuk suhu dan cara pengaktifan berpengaruh dengan porositas media. Penelitian yang dilakukan oleh Semara dan Nindhia menyatakan bahwa dengan pemanasan pada suhu 200 °C, porositas yang diperoleh mencapai nilai optimum yang disebabkan karena adanya rongga-rongga porositas berbentuk persegi¹³⁾. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Suriawan dan Nindhia juga menyebutkan bahwa porositas akan semakin besar jika dilakukan pengasaman dengan konsentrasi 6 %¹⁴⁾.

Pada penelitian ini, proses pengaktifan dilakukan dengan menggunakan larutan basa yaitu NaOH 1 N untuk mendapatkan nilai perbandingan Si/Al yang semakin kecil, tetapi ternyata penggunaan larutan asam akan memperbesar porositas yang akan mempengaruhi proses pertukaran ion, sehingga perlu dilakukan perendaman dengan menggunakan larutan asam sebelum pengaktifan menggunakan larutan basa agar porositas media semakin besar dan perbandingan Si/Al semakin kecil.

Secara deskriptif, terlihat ada perbedaan kemampuan dalam menurunkan tingkat kesadahan air setelah dilakukan penyaringan, di antara ketiga media pe-

nukar ion yang digunakan. Hasil penurunan kesadahan yang terjadi, secara berturut-turut adalah sebanyak 50,90 %, 66,11 %, dan 56,19 %. Analisis statistik dengan anova satu jalan memperkuat hal tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: 1) media penukar ion zeolit dari Gunung Kidul mampu menurunkan kesadahan air dari 327,78 mg/l menjadi 159,56 mg/l atau sebesar 50,90 %, 2) media bentonit dari Kulon Progo mampu menurunkan kesadahan air dari 327,78 mg/l menjadi 111,56 mg/l atau sebesar 66,11 %, 3) media zeolit dari toko kimia mampu menurunkan kesadahan air dari 327,78 mg/l menjadi 142,22 mg/l atau sebesar 56,19 %, 4) berdasarkan uji Anova diketahui bahwa ketiga media di atas dalam penyaringan memiliki perbedaan kemampuan dalam menurunkan kesadahan air.

SARAN

Masyarakat disarankan dapat memanfaatkan media penukar ion yang efektif untuk menurunkan kesadahan air. Bagi yang tertarik untuk melakukan studi lanjutan disarankan untuk meneliti media penukar ion yang berbeda-beda untuk mengetahui kemampuan masing-masing dalam menurunkan kesadahan. Selain itu, disarankan juga untuk melakukan penelitian dengan menggunakan media penukar ion zeolit dan bentonit yang sama tetapi melalui cara pengaktifan yang berbeda-beda untuk mengetahui kemampuan masing-masing media penukar ion tersebut dalam menurunkan kesadahan.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Air Keperluan Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua*, (2017), (http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No._32_ttg_Standar_Baku_Mutu_Kesehatan_Air_Keperluan_Sanitasi,_Kolam_Renang,_Solus_Per_Aqua_.pdf, diunduh pada 10 Januari 2018)
2. Subagiono, R; Biyantoro, D. (2006). *Kinetika Reaksi Proses Adsorpsi Campuran Uranium dan Molibdenum dalam Zeolit* (pp. 219–225). Yogyakarta: Pustek Akselerator dan Proses Bahan - BATAN. (<http://digilib.batan.go.id/ppin/katalog/file/0216-3128-2006-2-219.pdf>)
3. Ratnasari, V. D. (2017). *Perbedaan Kemampuan Berbagai Media Penukar Ion dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Gali*, Skripsi Program Studi Diploma IV Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta.
4. Suryabrata, S. (2016). *Metode Penelitian* (2nd ed.). Jakarta: Rajawali Pers.
5. Sumantri, A. (2010). *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
6. BPRD Gunungkidul, (2014). Pembagian Zona Kabupaten Gunungkidul. (<http://bpbpdgunungkidul.blogspot.co.id/2014/01/pembagian-zona-kabupaten-gunungkidul.html#.Wn-1VfmWbIU>, diunduh pada 11 Februari 2018)
7. Geologi FT UGM (2012). *Geologi Regional* (http://geologitfugm.blogspot.co.id/2012/11/geologi-regional-kulon-progo_13.html, diunduh pada 11 Februari 2018)
8. Supeno, M. (2008). *Bentonit Alam Terpilar sebagai Material Katalis/Co-Katalis Pembuatan Gas Hidrogen dan Oksigen dari Air*.
9. Srihapsari, D. (2006). *Penggunaan Zeolit Alam yang Telah Diaktivasi dengan Larutan HCl untuk Menjerep Logam-Logam Penyebab Kesadahan Air*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
10. Hermana, H. (2001) *Pelunakan Air Sadah melalui Penyaringan Zeolit*. Institut Pertanian Bogor.
11. Sulistyaningsih, E. (2016). *Efisiensi*

- Pelunakan Air Sadah Menggunakan Bentonit*, 240–245.
12. Manalu, A. A. (2013). *Pengaruh Media Filtrasi dan Lama Kontak terhadap Kesadahan Air dari Gunung Kapur Ciampea*. Institut Pertanian Bogor.
 13. Semara, I. P. P. W., & Nindhia, T. G. T. (2010). Studi pengaruh aktivasi termal terhadap struktur mikro dan porositas zeolit alam. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2), 139-144.
 14. Suriawan, M. C. V., & Nindhia, T. G. T. (2010). Studi hubungan struktur mikro dan keaktifan zeolit alam akibat proses pengasaman. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2), 129–131.