

Active Charcoal and Zeolite Media to Reduce the Hardness Levels in Wastewater of Polymer Industry

Annisa Khoirul Ummah¹, Mimin Karmini², Dindin Wahyudin³, Elanda Fikri⁴, Redi Yudha Irianto^{5*}

Abstract

The polymer industrial wastewater has treated the wastewater produced by WWTP and has met the requirements of the XLVII class industrial wastewater quality standards. The wastewater is planned to be reused for non-production activities such as watering plants. The purpose of the study was to determine the effectiveness of the thickness of activated charcoal and zeolite media in reducing the level of hardness in the process of utilizing wastewater into clean water at the chemicals industry. This type of research is experimental with a pretest-posttest without control research design. The population of all Wastewater in the Polymer industry; sample of some of the wastewater taken from the population, the sampling technique is grab sampling, the sample size is 36 samples totaling 19.2L. Data collection tools for hardness tester kits, thermometers, and pH meters. Data collection techniques carried out hardness checks, temperature, and pH measurements. The results of the study - the average level of hardness after treatment with variation A 142.8mg/L, variation B 224.9mg/L, variation C 339mg/L. The percentage of decrease in hardness of variations A 77%, B 65%, C 46%, there is a significant difference between various thicknesses of activated charcoal - zeolite media on hardness, all variations of activated charcoal and zeolite media thickness are effective in reducing hardness. Suggestions can be used variations of activated charcoal and zeolite ratios of 50:50, 75:25, and 25:75 to reduce the level of hardness.

Keywords: wastewater, hardness, polymer industry, filter charcoal

Pendahuluan

Kesadahan adalah termasuk salah satu parameter kimia air bersih yang harus diperhatikan. Kesadahan terjadi akibat kandungan logam-logam atau kation-kation bervalensi 2 seperti Fe, Sr, Mn, Ca, dan Mg, tetapi kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) merupakan penyebab utama terjadinya kesadahan (Marsidi, 2001). Berdasarkan permenkes no 32 tahun 2017 baku mutu kesadahan yaitu

500mg/L. Kesadahan air dipengaruhi faktor mineral dalam air yang berasal dari batuan dalam tanah baik dalam bentuk ion maupun molekul dan membentuk senyawa karbonat dan bikarbonat. Kesadahan dapat terjadi pula karena air mengandung garam besi, zink, dan silika (Sudarmadji *et al.*, 2016). Kesadahan pada air bersih harus dikendalikan di industri karena sangat berpengaruh pada kegiatan produksi dan ketahanan peralatan di industri. Dampak kesadahan di industri bisa mengakibatkan penyumbatan peralatan pipa dan keran karena pengendapan mineral yang menghambat proses pemanasan (Marsidi, 2001). Selain

*Korespondensi : yudharedi@gmail.com

^{1, 2, 3, 4, 5} Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kementerian Kesehatan Bandung, Jawa Barat, Indonesia

itu bagi kesehatan akibat mengkonsumsi air sadah di atas 300 mg/L dalam jangka waktu lama akan dapat mengalami batu ginjal (Asmadi, Khayan and Kasjono, 2011).

Teknologi untuk menghilangkan kesadahan pada air limbah industri dapat dilakukan dengan pertukaran ion, presipitasi dengan penambahan bahan kimia dan adsorpsi. Kelebihan metode adsorpsi dari metode lainnya yaitu pembiayaan yang rendah, operasional yang mudah, serta kapasitas pengikatan logam yang tinggi. Selain itu, adsorpsi memiliki kisaran pH yang lebar dibandingkan presipitasi kimia. Zeolit merupakan salah satu alternatif bahan adsorben dalam pengolahan air, selain itu juga dapat berperan sebagai penukar kation dalam pertukaran ion (Dirayati, 2020) (Barakat, 2010).

Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi. Adsorpsi terjadi pada permukaan pori membran (Purwoto and Nugroho, 2013).

Arang aktif mereduksi kadar kesadahan melalui proses adsorpsi. Arang aktif memiliki permukaan yang luas dari proses pengaktifan sehingga dapat menyerap ion Ca dan Mg penyebab kesadahan (Kusnaedi, 2010). Aktivasi membuat luas permukaan bertambah dan memperoleh arang yang berpori. Naiknya luas permukaan dalam arang menghasilkan volume yang besar, hal ini berasal dari kapiler-kapiler yang sangat kecil dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori (Purwoto and Nugroho, 2013).

Kombinasi zeolit dan karbon aktif dalam menurunkan kesadahan sebelumnya dilakukan oleh Husaini (2020) dengan menggunakan perbandingan ketinggian 50 cm: 50 cm dengan hasil dapat menurunkan 7,14% dari konsentrasi awal 560 mg/L menjadi 520 mg/L pada waktu kontak 1

menit (Husaini, Yenni and Wuni, 2020). Pada penelitian Wahyudi (2013) didapatkan waktu kontak paling efektif dalam menurunkan kesadahan adalah selama 15 menit. Penelitian tersebut menghasilkan penurunan kesadahan hingga 43,69% dari 447,88 menjadi 195,66 mg/L dengan ditambah perlakuan pendidihan air (Wahyudi, 2013). Penelitian Purnomo (2013) melihat variasi ketinggian media 30 cm zeolit : 60 cm arang aktif didapatkan persentase penurunan kadar kesadahan sebanyak 96,52% (Dinora and Purnomo, 2013).

Untuk meningkatkan persentase penurunan kadar kesadahan peneliti menggunakan komposisi ketebalan arang aktif dan zeolit menjadi 50 cm arang aktif : 50 cm zeolit, 75 cm arang aktif : 25 cm zeolit dan 25 cm arang aktif : 75 cm zeolit melihat belum banyaknya penggunaan komposisi tersebut dalam penurunan kadar kesadahan pada air limbah. Selain itu faktor diameter media arang secara selektif menggunakan ukuran 30 mesh untuk dapat menurunkan 16,67% kesadahan (Kurniasari, et al, 2020). Sedangkan ukuran diameter zeolit yang digunakan yaitu 2 mm agar mampu menurunkan kadar kesadahan hingga 84,57% (Mifbakhuddin, et al, 2008).

Metode Penelitian

Jenis dan Lokasi Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan desain penelitian *pretest posttest without control*. Pretest pada penelitian adalah kadar kesadahan air limbah sebelum diberikan perlakuan. Post test pada penelitian ini adalah kadar kesadahan pada air limbah setelah diberikan perlakuan. Variabel bebas dalam penelitian adalah variasi ketebalan media adsorben karbon aktif dan zeolit dengan perbandingan 50:50, 75:25, dan 25:75 dan variabel terikat ialah penurunan kadar kesadahan pada air limbah industri. Penelitian ini dilaksanakan di industri polimer yang berada di Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah air hasil pengolahan limbah dari industri polimer. Besar sampel

berdasarkan perhitungan rumus gomez didapatkan 6 kali pengulangan, maka dari pretest dan posttest masing-masing 18 sampel. Sampel air limbah didapatkan dari IPAL industri polimer di Kabupaten Bandung dengan pengukuran kadar kesadahan dilakukan di Laboratorium BINALAB, Bandung.

Metode Pengumpulan Data

Pengukuran kadar kesadahan menggunakan hardness test kit sebelum dan setelah perlakuan menggunakan alat rekayasa. Alat rekayasa terbuat dari pipa 6 inci yang dipasang di bawah tong air dengan kapasitas 120 L. Zeolit dan arang aktif dibersihkan dengan cara dicuci dalam wadah sebelum dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Air yang akan diolah dimasukkan kedalam tong air dengan bantuan pompa dari bak effluent, lalu dialirkan secara gravitasi melalui pipa ¾ inci secara bersamaan menuju ke alat rekayasa yang telah diisi oleh arang aktif dan zeolit sesuai komposisi dengan waktu kontak selama 15 menit.

Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Penelitian ini menghasilkan data penurunan kadar kesadahan setelah air melalui alat rekayasa. Data yang di dapat dari hasil penelitian dianalisa, diolah, disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian diuji dengan menggunakan hasil uji one way anova, dinarasikan kemudian ditarik suatu kesimpulan.

Hasil

Penelitian ini mengambil sampel sebelum air kontak dengan media zeolit dan arang aktif dan setelah air kontak dengan media zeolit dan arang aktif. Waktu kontak media yaitu selama 15 menit. Hasil pemeriksaan jumlah kadar kesadahan sebelum dan sesudah dapat dilihat pada tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat penurunan kadar kesadahan air dari setiap variasi antara sebelum dan setelah dilakukan perlakuan. Selain itu terdapat perbedaan angka penurunan antara variasi A, B dan C. Dapat dilihat dari rata – rata kadar kesadahan variasi A sebelum perlakuan adalah 642,8 mg/L mengalami penurunan menjadi 142,8 mg/L, variasi B kadar kesadahan sebelum perlakuan adalah 632,3 mg/L mengalami penurunan menjadi 224,9 mg/L, variasi C kadar kesadahan sebelum perlakuan adalah 631,2 mg/L mengalami penurunan menjadi 339 mg/L.

Melihat penurunan yang berbeda dari setiap variasi, maka disajikan dalam tabel 2, bahwa rata – rata jumlah penurunan kadar kesadahan tertinggi terjadi pada variasi A yang menghasilkan penurunan sebanyak 512,86 mg/L dan penurunan terendah terjadi pada variasi C 292,16mg/L.

Berdasarkan tabel 3 hasil uji *one way anova* menunjukkan nilai F hitung 11,691 dan P value 0,001 (lebih kecil dari 0,05 (α)) maka H0 ditolak yang artinya secara statistik dengan tingkat kemaknaan 95% terdapat perbedaan yang bermakna antara berbagai variasi media arang aktif dan zeolit terhadap penurunan kadar kesadahan.

Tabel 1. Kadar Kesadahan Sebelum Dan Sesudah Kontak Dengan Media Arang Aktif dan Zeolit pada Pemanfaatan Air Limbah di Industri Polimer

Pengulangan	Hasil Pemeriksaan Kadar Kesadahan (mg/L)					
	Variasi A (50:50)		Variasi B (75:25)		Variasi C (25:75)	
	Pretest	Post-test	Pretest	Post-test	Pretest	Post-test
1	620	184,6	683	212.8	651	320
2	676	144,6	621	221.6	639	344,8
3	708	115,8	712	260.8	700	332,8
4	719	128,5	702	211.6	704	353,5
5	574	139,2	544	216.9	552	329,4
6	560	144,6	532	195.8	541	353,5
Minimal	560	115,8	532	195,8	541	320
Maksimal	719	184,6	712	260,8	704	353,5
Rata - Rata	642.8	142,8	632,3	224,9	631,2	339

Tabel 2. Jumlah Penurunan Kadar Kesadahan Setelah Perlakuan Dengan Arang Aktif Dan Zeolit Pada di Industri Polimer

Pengulangan	Jumlah Penurunan(mg/L)		
	A (50:50)	B (75:25)	C (75:25)
1	435.4	470.2	331
2	531.4	399.4	294.2
3	592.2	451.2	367.2
4	590.5	490.4	350.5
5	434.8	327.1	222.6
6	415.4	336.2	187.5
Minimal	415.4	327.1	187.5
Maksimal	592.2	490.4	367.2
Rata-rata	512,86	412,41	292,16

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat hasil uji *post hoc* menunjukkan variasi A dengan C memiliki nilai $p \text{ sig } 0,001 < \alpha = 0,05$ 0,05 hal ini bermakna bahwa penurunan kadar kesadahan antara variasi A

dan variasi C memiliki perbedaan yang signifikan. Begitu juga pada variasi B dan C yang mendapatkan nilai $p \text{ sig } 0,041 < \alpha = 0,05$ maka antara variasi B dan C memiliki perbedaan penurunan yang signifikan.

Tabel 3 Hasil Uji Anova

Variabel	Mean	SD	95% CI	F hitung	P value
A (50:50)	499,5	81,5	414,3-585,5	11,691	0,001
B (25:75)	412,4	69,5	339,4 – 485,3		
C (75:25)	292,1	72,5	215,9 – 368,3		
Total	401,5	112,2	345,6 – 457,3		

Pembahasan

Hasil pengukuran kadar kesadahan sebelum perlakuan didapatkan dengan rata – rata variasi A (50:50) adalah 642 mg/L, variasi B (75:25) adalah 632,3 mg/L, dan variasi C adalah (25:75) 631,2 mg/L. Setelah perlakuan dengan media arang aktif dan zeolit terjadi penurunan kadar kesadahan dari semua variasi yang ada. Kadar kesadahan setelah kontak pada variasi A (50:50) menjadi 142,8 mg/L, variasi B (75:25) menjadi 224,9 mg/L, dan variasi C (25:75) menjadi 339,0 mg/L. Semua variasi dapat menurunkan kadar kesadahan dalam waktu 15 menit hingga dibawah standar.

Tingginya kadar kesadahan sebelum perlakuan disebabkan karena ion logam divalensi dalam jumlah banyak terutama kation Ca dan Mg. Kation Ca dan Mg membentuk persenyawaan dengan bikarbonat, klorida, sulfat dan nitrat. Penyebab lain kesadahan karena kation bervalensi 2 lain seperti

Fe, Zink, dan Silika. Selain karena ion Ca dan Mg kesadahan juga dapat terjadi oleh mineral lain seperti Strontium, Fe, dan Mn dalam jumlah yang kecil (Shinta Megawati, Bawa Putra and Sibarani, 2013).

Media zeolit merupakan silikat hidrat yang mengandung ion natrium dalam jumlah yang cukup banyak, berbentuk granula dan tidak larut dalam air. zeolit merupakan kristal aluminosilikat yang terhidrasi yang merupakan senyawa dengan kation aktif yang bergerak dan berperan sebagai ion exchange yang melepaskan ion natrium dan mengikat ion Ca dan Mg. Di samping itu, zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lain. Sedangkan keberadaan atom aluminium di dalam zeolit akan menyebabkan memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation, sehingga dapat digunakan untuk mengikat kation-kation pada air, seperti Ca, Fe, Al, atau Mg penyebab kesadahan (Widyastuti, 2011).

Tabel 4 Hasil Uji Post Hoc

Kelompok	Nilai P
A (50:50) dengan B (25:75)	0,182
A (50:50) dengan C (75:25)	0,001
B (25:75) dengan C (75:25)	0,041

Arang aktif yang digunakan pada penelitian berasal dari tempurung kelapa karena fisik lunak. Sifat fisik arang aktif yang dihasilkan tergantung pada kekuatan daya tarik molekul penyerap maka terjadi adsorpsi. Adsorpsi partikel dapat terjadi karena luas permukaan yang luas setelah sudah mengalami proses aktivasi. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-350 m²/gram (Jamilatun, Salamah and Isparulita, 2016).

Menurut PERMENKES No 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 kadar kesadahan pada air tidak boleh melebihi 500 mg/L. Mengacu pada ketentuan tersebut maka dari hasil pemeriksaan kesadahan setelah perlakuan menggunakan zeolit dan arang aktif dapat diketahui kadar kesadahan tidak melebihi baku mutu. Dilihat dari variasi zeolit dan arang aktif, rata-rata persentase penurunan kesadahan pada variasi A, B dan C masing-masing adalah 77%, 65% dan 46%. Komposisi zeolit dan arang aktif yang seimbang menjadi yang paling baik dalam menurunkan kadar kesadahan pada air. Hal ini sesuai dengan penelitian Nana (2009) yang mengatakan perbandingan yang seimbang antara zeolit dan arang aktif memiliki efektifitas yang tinggi dalam menurunkan kesadahan. Hal ini bisa dikarenakan daya serap zeolit dan arang aktif yang seimbang. Dilihat dari sifat zeolit dan arang aktif sebagai adsorben dengan luas permukaan yang dimiliki dapat menyerap ion Ca dan Mg dengan baik.

Selain itu jika dibandingkan dari variasi yang ada, dapat dilihat bahwa variasi B dengan komposisi arang aktif 75 cm lebih baik menurunkan kesadahan dibandingkan dengan variasi C yang memiliki komposisi arang aktif 25 cm. Hal ini dapat terjadi karena

luas permukaan arang aktif lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan zeolit. Sehingga daya serap arang aktif akan lebih maksimal dibandingkan dengan zeolit.

Perbedaan penurunan kadar kesadahan pada variasi A, B dan C menunjukkan hasil nilai p sig sebesar $0,001 < 0,05$. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara variasi A, B dan C dalam penurunan kadar kesadahan pada proses pemanfaatan air limbah menjadi air bersih dengan menggunakan media arang aktif dan zeolit. Hal ini dikarenakan komposisi arang aktif dan zeolit yang berbeda dapat mengikat ion penyebab kesadahan dengan hasil penurunan kesadahan yang berbeda pula. Arang aktif dapat menyerap gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat penyerapannya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25 - 100% terhadap berat arang aktif (Hiroyuki, Hayati, 2013). Selain itu daya serap (absorbansi) zeolit tergantung dari jumlah ruang hampa dan adsorpsi menggunakan zeolit terjadi pada permukaan pori membrannya (Nasir, et al.2013). Secara signifikan dari variasi zeolit dan arang aktif terlihat pada variasi A dengan C dengan nilai p sig $0,000 < \alpha(0,05)$ dan pada variasi B dengan C dengan p sig $(0,014) < \alpha(0,05)$.

Kesimpulan

Persentase rata – rata penurunan kesadahan media arang aktif dan zeolit pada variasi A, B, dan C masing-masing adalah 77%, 65 % dan 46% dapat menurunkan kadar kesadahan. Semua variasi ketebalan arang aktif dan zeolit dapat menurunkan kadar kesadahan hingga dibawah baku mutu kualitas air bersih. Uji anova menghasilkan adanya perbedaan antara berbagai variasi media arang aktif

dan zeolit dalam menurunkan kadar kesadahan dengan nilai $p \text{ sig } 0,001 < 0,05$. Variasi yang memiliki perbedaan yang bermakna adalah Variasi A dengan C dan variasi B dengan C.

Daftar Pustaka

- Asmadi, Khayan and Kasjono, H. S. (2011) *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Yogyakarta: Gosyen.
- Barakat, M. A. (2010) 'New trends in removing heavy metals from industrial wastewater', *Arabian Journal of Chemistry*, 4(4), pp. 361–377. doi: 10.1016/j.arabjc.2010.07.019.
- Dinora, G. Q. and Purnomo, A. (2013) 'Penurunan Kandungan Zat Kapur dalam Air Tanah dengan Menggunakan Media Zeolit Alam dan Karbon Aktif Menjadi Air Bersih', *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2(2), pp. 78–82. doi: 10.1002/9781118601785.ch1.
- Dirayati, K. (2020) *Pemanfaatan Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao L.) Sebagai Adsorben Untuk Penyisihan Cu (II) Pada Air Limbah Sintetis*. Universitas Airlangga. Available at: <https://repository.unair.ac.id/102908/>.
- Husaini, A., Yenni, M. and Wuni, C. (2020) 'Efektivitas Metode Filtrasi Dan Adsorpsi Dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur Di Kecamatan Kota Baru Kota Jambi', *Jurnal Formil (Forum Ilmiah) Kesmas Respati*, 5(2), p. 91. doi: 10.35842/formil.v5i2.323.
- Jamilatun, S., Salamah, S. and Isparulita, I. D. (2016) 'Karakteristik Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dengan Pengaktivasi H₂SO₄ Variasi Suhu Dan Waktu', *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), p. 13. doi: 10.26555/chemica.v2i1.4562.
- Kurniasari, I. T., Riyanto, C. A. and Martono, Y. (2020) 'Activated Carbon from Sugarcane (Saccharum officinarum L.) Bagasse for Removal Ca²⁺ and Mg²⁺ Ion from Well Water', *Stannum : Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 2(2), pp. 22–32. doi: 10.33019/jstk.v2i2.1877.
- Marsidi, R. (2001) 'Zeolit untuk mengurangi kesadahan air', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1), pp. 1–10. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3476-13.2014.
- Mifbakhuddin, Wardani, R. S. and Rozaq, A. P. (2008) 'Pengaruh Ketebalan Diameter Zeolit Digunakan Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artetis di Kelurahan Sendangguwo Kecamatan Tembalang Kota Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 4(2), pp. 51–69.
- Purwoto, S. and Nugroho, W. (2013) 'Removal Klorida, Tds Dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif', *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 11(1), pp. 47–59. doi: 10.36456/waktu.v11i1.861.
- Shinta Megawati, N., Bawa Putra, A. and Sibarani, J. (2013) 'Pemanfaatan Arang Batang Pisang (Musa Paradisiacal) Untuk Menurunkan Kesadahan Air', *Jurnal Kimia*, 7(2). doi: 10.24843/JCHEM.2013.v07.i02.p06.
- Sudarmadji, S. et al. (2016) 'Pengelolaan Mata Air Untuk Penyediaan Air Rumahtangga Berkelanjutan Di Lereng Selatan Gunungapi Merapi (Springs Management for Sustainability Domestic Water Supply in the South West of Merapi Volcano Slope)', *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(1), p. 102. doi: 10.22146/jml.18779.
- Wahyudi, W. B. (2013) *Keefektivan Ketebalan Kombinasi Zeolit Dengan Arang Aktif Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Gali*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.