

Pengaruh Media Filtrasi Terhadap Produktivitas Hasil Pengolahan Air Bersih

Akda Zahrotul Wathoni¹, Benny Yulius Richardo Tidja², Ade Astuti Widi Rahayu³

¹⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Buana Perjuangan Karawang
Jl. HS Ronggowaluyo Sirnabaya Telukjambe Timur Karawang 41361
Email: akda.zw@ubpkarawang.ac.id

²⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Buana Perjuangan Karawang
Jl. HS Ronggowaluyo Sirnabaya Telukjambe Timur Karawang 41361

²⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Buana Perjuangan Karawang
Jl. HS Ronggowaluyo Sirnabaya Telukjambe Timur Karawang 41361

ABSTRAK

Salah satu perusahaan penyedia air bersih dalam lingkungan industri senantiasa menjaga kualitas yang dimiliki untuk bersaing dengan kawasan industri lainnya khususnya dalam bidang jasa penyediaan air bersih. Adapun maksud dari penelitian ini adalah melakukan analisis pengaruh media filtrasi pengolahan air baku terhadap efektivitas biaya pengolahan air bersih dimana penelitian ini berfokus pada analisa perbandingan hasil filtrasi sebagai metode pengolahan datanya. Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa material zeolite lebih baik dibandingkan dengan material pasir silika, dan pernyataan tersebut didukung oleh data penelitian dimana material zeolite lebih unggul dari segi produktivitas, hasil baku mutu, dan nilai ekonomis daripada material pasir silika. Sesuai dengan data yang telah dikumpulkan, media saring zeolite mampu menghasilkan produktivitas hasil air bersih mencapai 93,63 dengan proses Backwash sebanyak 6 kali, sementara media saring pasir silika menghasilkan produktivitas air bersih sebesar 92,28% dengan proses Backwash sebanyak 9 kali.

Kata kunci: filtrasi, pasir silika, pengolahan air bersih, dan zeolite.

ABSTRACT

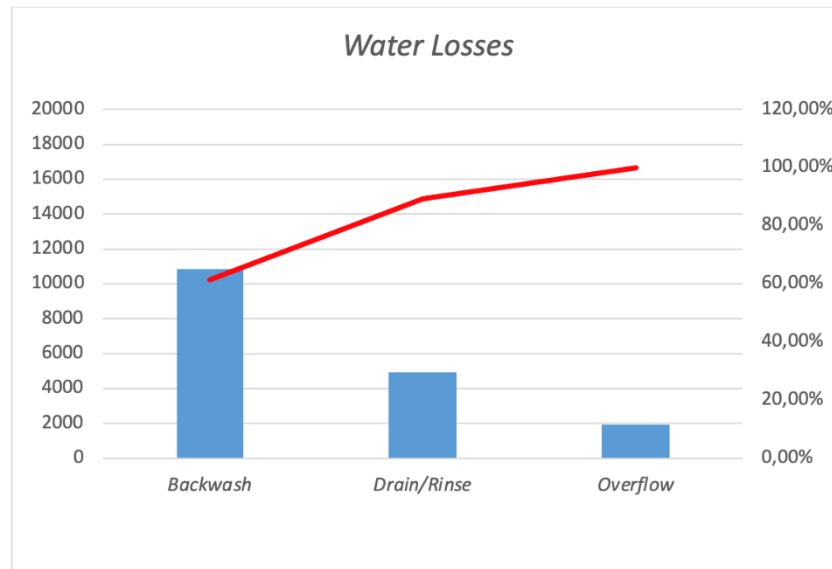
One of the clean water supply companies in industrial environments always maintains its quality to compete with other industrial areas, especially in the field of clean water supply services. The purpose of this research is to analyze the effect of filtration media for raw water treatment on the cost effectiveness of clean water treatment where this research focuses on comparative analysis of filtration results as a data processing method. Based on the results obtained, it is known that zeolite material is better than silica sand material, and this statement is supported by research data where zeolite material is superior in terms of productivity, quality standard results, and economic value than silica sand material. According to the data that has been collected, the zeolite filter media is capable of producing clean water yields of up to 93.63 with 6 backwash processes, while silica sand filter media produces 92.28% clean water productivity with 9 times backwash processes.

Keywords: *filtration, silica sand, clean water treatment, and zeolite.*

Pendahuluan

Salah satu kawasan industri yang terletak di Kabupaten Karawang, Jawa Barat memiliki total luas lahan pengembangan sekitar 1.200 ha. Kawasan ini secara operasional dikelola oleh sebuah perusahaan XYZ dimana perusahaan tersebut bertanggung jawab secara penuh atas lancarnya seluruh operasional kawasan mulai dari keamanan kawasan, ketersediaan sarana, prasarana, dan fasilitas yang memadai, serta menjamin ketersediaan air bersih berskala industri yang disertai dengan pengelolaan limbah cair secara terpadu. Untuk menunjang berjalannya operasional secara optimal, maka PT. XYZ membangun sebuah sistem pengelolaan kawasan industri dimana salah satunya adalah membangun sistem pengolahan air bersih atau yang biasa disebut Water Treatment Plant (WTP). Air merupakan sumber daya yang diperlukan makhluk hidup secara alami untuk memenuhi kebutuhan hidupnya [1]. Selain itu air bersih juga diperlukan untuk menunjang proses kelancaran dalam suatu industri. Di dalam menjalankan tugasnya, Unit Pengolahan Air Bersih (Water Treatment Plant Unit) mengalami banyak kendala dalam proses

pengolahan air bersih. Permasalahan yang sering menjadi bahasan utama pada manajemen puncak adalah mengenai *Water Losses* atau kerugian yang terjadi akibat ketidakcocokan data antara *Inlate* (Jumlah data air yang diambil dari sumber) dengan *Outlate* (Jumlah data air yang didistribusikan kepada Tenant). Adapun *Water Losses* yang dialami oleh Unit Pengolahan Air Bersih dimaksud adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Parreto diagram *water losses*

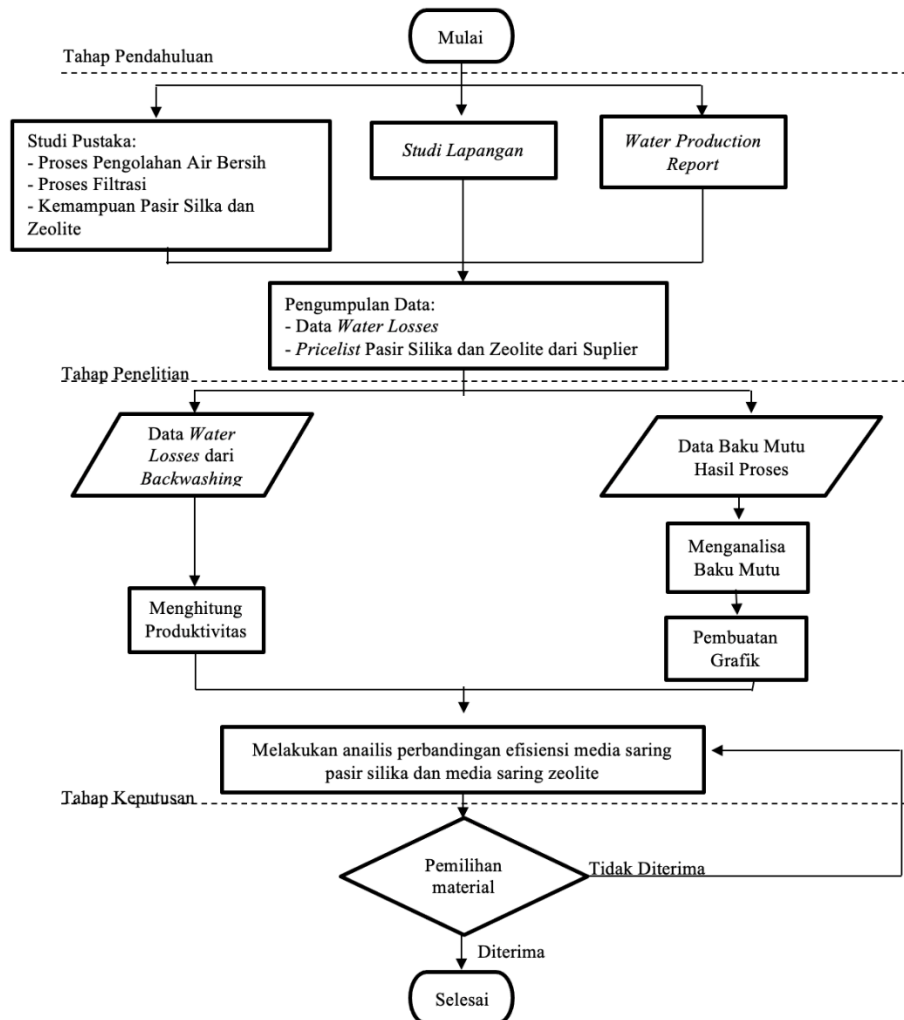
Dari permasalahan yang ada di atas, maka perlu dilakukan langkah-langkah perbaikan pada Unit Pengolahan Air Bersih yang ada dalam rangka memaksimalkan sistem proses pengolahan air bersih yang ada pada PT. XYZ. Air yang berkurang dalam suatu proses pada *Water Treatment Plant* sering disebabkan salah satunya adalah pencucian media filtrasi [2]. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap perbaikan *rapid sand filter* khususnya pada media Pasir Saring sangat dibutuhkan untuk menentukan langkah perbaikan sistem kedepannya. Salah satu upaya yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis media filtrasi terhadap jumlah *water losses*.

Maka pada penelitian ini akan diteliti bagaimana pengaruh jenis media filtrasi yang berbeda terhadap kualitas air bersih yang dihasilkan dari unit pengolahan air bersih tersebut. Media filtrasi yang akan diteliti pada penelitian ini adalah media filtrasi pasir silika dan zeolite. Sejauh ini unit pengolahan air bersih menggunakan pasir silika untuk media filtrasi air bersih karena harga yang terjangkau dan menghasilkan hasil debit air penyaringan yang lebih banyak. Namun hasil saringan menggunakan pasir silika ini masih memiliki kekurangan karena kurang efektif untuk mereduksi bau dan ras dari air tersebut [3] serta masih menyumbangkan jumlah *water losses* yang cukup besar dari proses *backwash* mencapai 64% dari keseluruhan *water losses*. Sedangkan media filtrasi air yang lain yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan media pasir silika adalah material zeolit. Zeolit merupakan senyawa dengan karbon aktif yang diharapkan dapat lebih baik mereduksi bau dan juga logam berat yang masih terkandung pada air baku yang digunakan untuk proses pengolahan air. Ukuran zeolite yang lebih kecil juga mampu meningkatkan efisiensi penyaringan kekeruhan mencapai 96,63% [4]. Selain itu penambahan bahan zeolite pada reaktor filter dapat menurunkan pH dan jumlah bakteri pada air baku hingga 97% [5]. Sehingga diharapkan selain meningkatkan produktivitas air bersih yang dihasilkan dengan mereduksi jumlah *water losses*, media filtrasi zeolite ini dapat meningkatkan kualitas air bersih yang dihasilkan. Mengingat pentingnya permasalahan mengenai jumlah air bersih yang dihasilkan dalam sebuah proses pengolahan air bersih maka perlu diteliti lebih lanjut bagaimana pengaruh jenis media filtrasi terhadap produktivitas dan kualitas air bersih pada proses pengolahan air.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk meneliti dan mengevaluasi media saring pada instalasi *rapid sand filter* ialah dengan menggunakan metode analisa laboratorium, dimana metode ini membandingkan dua buah material yang digunakan pada proses penyaringan di Instrumentasi Rapid Sand Filter secara langsung.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui membandingkan air hasil proses antara media saring pasir silika dengan media saring zeolite meliputi baku mutu, produktivitas hasil air bersih dan nilai ekonomis yang dihasilkan oleh kedua material saring tersebut di atas. Baku mutu yang dianalisa meliputi beberapa parameter fisik dan kimia. Adapun tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Pengambilan data untuk pH, suhu, dan turbidity dilakukan dengan teknik Simplo, yaitu pengambilan contoh kerja sebanyak satu kali menggunakan alat Ph meter untuk Ph, Thermometer untuk Suhu, dan Turbidimeter untuk Turbidity. Sedangkan untuk Colour, Nitrite, Nitrate, Chromium, Flouride, Manganese, Ferrum, dan Zinc menggunakan teknik Duplo, yaitu pengambilan contoh kerja sebanyak dua kali. Untuk Colour, Nitrite, Nitrate, Chromium, dan Flouride menggunakan alat Spectrophotometer, dan untuk Manganese, Ferrum, dan Zinc menggunakan alat Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). Sedangkan nilai produktivitas air bersih dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini:

$$\text{Produktivitas Air Bersih} = \frac{\text{Jumlah hasil air bersih Outlate}}{\text{Jumlah hasil air Inlate}} \times 100 \% \quad (1)$$

Hasil dan Pembahasan

Analisa Sistem Pengolahan Air Bersih

Sistem pengolahan air bersih yang ada dimulai pada Intake Room and Area dengan sumber aliran air dari Sungai Citarum. Suplai air baku dari Intake menuju WTP menggunakan Pompa-Pompa yang dioperasikan secara manual oleh Operator yang bertugas di sana. Air baku yang dikirim dari Intake kemudian akan diolah di WTP Room and Area diawali dengan pembubuhan Poly Aluminium Chloride (PAC) sebagai Coagulant Chemical yang berfungsi untuk mengikat pengotor yang terlarut dalam air baku, proses ini disebut proses Koagulasi. Proses Koagulasi tersebut didapati pada instrumentasi Intake Basin yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air baku hasil pengiriman dari Intake. Selain pembubuhan PAC, pada Instrumentasi Intake Basin juga dibubuhi Sodium Hypochlorite (NaOCl) yang bertujuan untuk menurunkan kadar Besi (Fe^{2+}) dan Mangan (Mn^{2+}) yang terlarut dalam air baku. Setelah melalui proses Koagulasi, air baku kemudian didistribusikan menuju Instrumentasi Clarator Tank melalui pipa distribusi air yang kemudian dibubuhi larutan Polymer dan diaduk pelan menggunakan Clarator Agitator secara terus menerus. Proses ini merupakan proses Flokulasi, dimana pada proses ini flok-flok halus yang telah terbentuk pada proses Koagulasi sebelumnya akan diikat menggunakan Polymer sehingga menjadi flok-flok dengan ukuran lebih besar dan memiliki masa. Hal tersebut bertujuan agar pengotor dapat diendapkan dan air bersih dapat terpisah dari pengotor, proses pengendapan ini disebut proses Sedimentasi dimana hasil endapan proses berupa lumpur (Sludge) yang kemudian ditampung pada Sludge Tank setelah itu lumpur akan dikirim menuju Instrumentasi Dry Bed untuk dikeringkan. Air yang telah terpisah dengan pengotor kemudian akan mengalami proses penyaringan (Filtrasi) pada Instrumentasi Rapid Sand Filter. Hasil proses penyaringan ini kemudian akan didistribusikan menuju Seal Pit untuk menjalani proses Disinfeksi dengan cara membubuhi hasil proses dengan Sodium Hypochlorite (NaOCl) dengan dosis rendah. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan dan meyakinkan bakteri yang kemungkinan masih terbawa pada hasil proses dapat dihilangkan. Setelah itu, air hasil proses akan didistribusikan menuju tempat penyimpanan air bersih, yaitu Resservoir Tank.

Analisis Baku Mutu Air Bersih

Kualitas air yang dihasilkan dari masing-masing media saring dianalisa berdasarkan pengujian bakumutu meliputi parameter fisik dan kimia. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Pengamatan Baku Mutu

Parameter	Week-I		Week-II		Week-III		Week-IV		Standar (Maks.)
	PS	Zeo	PS	Zeo	PS	Zeo	PS	Zeo	
Ph	7.55	7.61	7.14	7.21	7.42	7.46	7.06	7.07	6.5-8.5
Suhu (°C)	25.5	25.5	25.6	25.8	21.7	21.6	25.8	25.5	-
TDS	276	269	296	284	395	382	235	244	2000
Turbidity 1	0.95	0.84	0.88	0.82	0.85	0.77	0.80	0.77	5
Turbidity 2	0.91	0.83	0.84	0.80	0.86	0.82	0.86	0.79	5
Colour 1	21	17	31	21	25	17	31	26	50
Colour 2	21	17	31	21	26	18	31	26	50
Nitrite 1*	5	4	8	9	18	20	21	11	1
Nitrite 2*	6	6	8	7	19	19	18	16	1
Nitrate 1	2.0	2.2	1.9	1.7	1.3	1.3	1.6	1.7	10
Nitrate 2	2.1	2.2	2.0	1.7	1.3	1.3	1.7	1.6	10
Chromium 1*	15	12	11	12	17	10	10	14	0.05
Chromium 2*	11	13	13	12	17	9	17	15	0.05
Flouride 1	0.01	0.09	0.48	0.43	0.10	0.04	0.48	0.47	1.5
Flouride 2	0.09	0.05	0.47	0.43	0.30	0.02	0.48	0.47	1.5
Manganese 1*	12.6	11.7	11.9	11.2	443.0	449.8	325.6	332.8	0.5
Manganese 2*	12.6	12.2	11.5	10.9	447.9	448.9	324.0	332.8	0.5
Ferrum 1*	3.6	3.9	1.2	1.0	83.3	61.5	64.9	203.0	1
Ferrum 2*	3.4	4.0	1.4	1.0	86.6	61.7	50.4	95.4	1

Zinc 1*	1.0	0.1	0.5	0.5	56.6	13.2	29.1	29.8	15
Zinc 2*	1.3	0.3	0.3	0.3	37.3	9.5	32.0	29.6	15

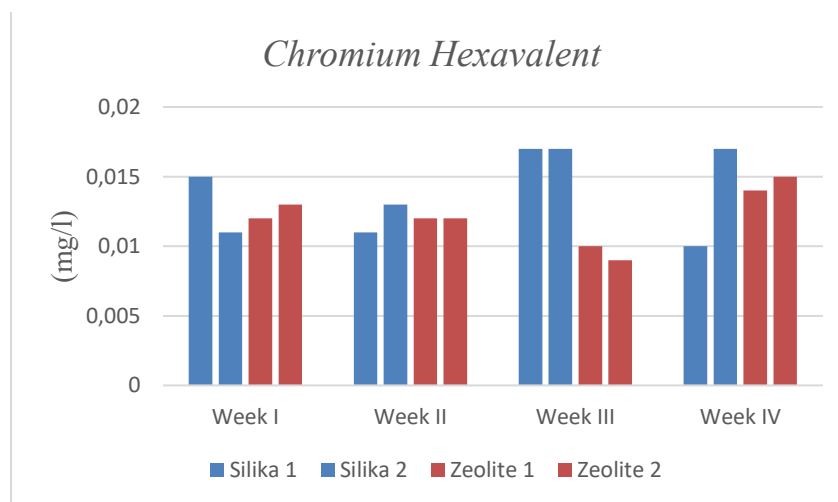
Keterangan:

PS : Pasir Silika

Zeo : Zeolite

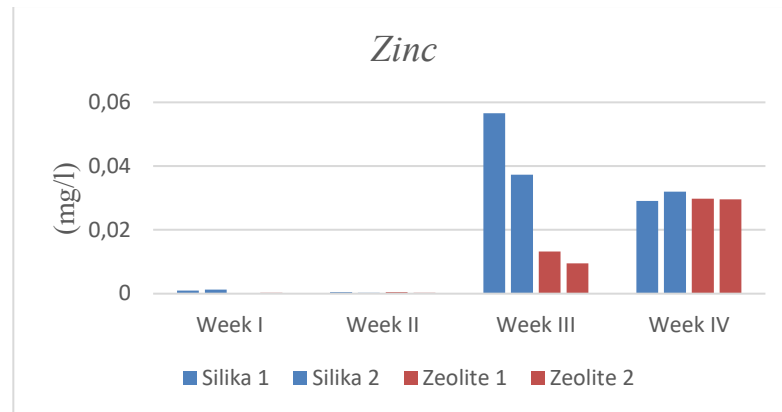
* : $\times 10^{-3}$

Hasil uji baku mutu air yang dihasilkan dari proses filtrasi dengan media pasir silika dan zeolit pada tabel 1 menunjukkan bahwa secara umum kualitas baku mutu air yang dihasilkan tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Namun dapat dilihat bahwa ditinjau dari standar baku mutu turbidity menunjukkan kecenderungan yang berbeda, Dimana turbidity merupakan sebuah parameter yang menilai tentang kejernihan air proses. Penilaian tersebut terpengaruh pada tingkat kekeruhan air yang terjadi akibat adanya zat-zat tidak terlarut dalam air sehingga transparansi air menjadi berkurang. Adapun skala pengukuran untuk Turbidity ialah NTU (Nephelometric Turbidity Units). Turbidity air bersih hasil filtrasi zeolit lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan media pasir silika. Hal ini menunjukkan bahwa air bersih dari hasil filtrasi zeolite lebih jernih dibandingkan dengan pasir silika [6]. Material Zeolite lebih mampu memfiltrasi zat-zat terlarut yang terkandung dalam air baku lebih baik karena ukuran pori pada material zeolite dapat dikendalikan sesuai kebutuhannya dengan mengatur perbandingan Si/Al yang kecil sehingga cocok digunakan untuk media filtrasi pengolahan air limbah [7].



Gambar 3. Parameter mutu kandungan Cr setelah proses pengolahan air

Chromium Hexavalent (Cr^{6+}) termasuk ke dalam logam berat dan merupakan mikronutrien esensial yang diperlukan tubuh untuk meningkatkan kerja insulin dalam jaringan tubuh sehingga dapat mencerna gula, protein dan lemak dengan baik. Namun demikian, berdasarkan hasil uji klinis dan uji laboratorium menunjukkan heksavalen kromium berpengaruh terhadap keracunan Cr yang dapat memicu menyebabkan ginjal, keracunan, kerusakan organ tubuh, kanker bahkan kematian [8]. Ambang batas maksimal dari parameter ini ialah sebesar 0.05 mg/l. Dalam penelitian ini, media zeolite lebih unggul dalam menghasilkan baku mutu Chromium Hexavalent (Cr^{6+}) seperti yang tersaji pada Gambar 2. Media zeolite memiliki kemampuan filtrasi Cr lebih baik dan stabil dibandingkan dengan pasir silika.



Gambar 4. Parameter mutu kandungan Zn setelah proses pengolahan air

Kemampuan media saring terhadap logam Zn juga menunjukkan perbedaan, dimana zinc (Zn) atau yang biasa dikenal sebagai Seng atau Timah Sari merupakan mineral yang berperan penting dalam menjaga kesehatan jaringan tubuh, membantu sintesis DNA, serta berperan penting dalam tumbuh kembang anak [9]. Namun kelebihan logam berat Zinc (Zn) yang tersebar di alam dapat menyebabkan dampak yang berbahaya baik bagi lingkungan maupun makhluk hidup, salah satunya adalah metal fume fever syndrome. Sindrom ini terjadi akibat paparan seng yang bereaksi dengan oksigen yang diikuti oleh demam dan beberapa penurunan kondisi fungsi tubuh seperti kerusakan fungsi indra serta penurunan kepekaan pada rasa [10]. Adapun batas yang diijinkan untuk kandungan Zinc (Zn) adalah 15 mg/l, sesuai dengan standar baku mutu yang terdapat didalam Permenkes No.32 Tahun 2017. Pada penelitian ini, kemampuan saring zeolite dapat dilihat pada Gambar 3. Jika dibandingkan dengan pasir silika, dimana kemampuan zeolite dalam menyaring Zink (Zn) lebih baik dan lebih stabil. Media saring zeolit dapat menyaring Zn dari air baku mencapai angka $0,1 \times 10^{-3}$ mg/L. Hal ini dikarenakan zeolit memiliki muatan negatif, muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation [11].

Analisis Produktivitas Air Bersih

Tabel 2. Total Produksi Air Bersih dari proses pengolahan air baku dengan media filtrasi pasir silika dan Zeolit

No.	Total Penyaringan (Liter/Menit)		Total Produksi/ outlate* (Liter)		Nilai Ekonomis (Rupiah)	
	Silika	Zeolite	Silika	Zeolite	Silika	Zeolite
1	12.24	12.36	5,875.20	5,932.80	83,897.86	84,720.38
2	12.12	12.24	5,817.60	5,875.20	83,075.33	83,897.86
3	12.00	12.24	5,760.00	5,875.20	82,252.80	83,897.86
4	12.24	12.12	5,875.20	5,817.60	83,897.86	83,075.33
5	11.88	12.24	5,702.40	5,875.20	81,430.27	83,897.86
6	12.12	12.12	5,817.60	5,817.60	83,075.33	83,075.33
7	12.12	12.24	5,817.60	5,875.20	83,075.33	83,897.86
8	11.28	11.52	5,414.40	5,529.60	77,317.63	78,962.69
9	12.00	12.12	5,760.00	5,817.60	82,252.80	83,075.33
10	11.64	11.76	5,587.20	5,644.80	79,785.22	80,607.74
11	11.76	11.88	5,644.80	5,702.40	80,607.74	81,430.27
12	11.40	11.40	5,472.00	5,472.00	78,140.16	78,140.16
13	12.24	12.36	5,875.20	5,932.80	83,897.86	84,720.38
14	12.24	12.48	5,875.20	5,990.40	83,897.86	85,542.91
15	12.00	12.12	5,760.00	5,817.60	82,252.80	83,075.33
16	12.00	12.36	5,760.00	5,932.80	82,252.80	84,720.38
17	12.36	12.24	5,932.80	5,875.20	84,720.38	83,897.86
18	12.24	12.00	5,875.20	5,760.00	83,897.86	82,252.80
19	12.24	11.88	5,875.20	5,702.40	83,897.86	81,430.27
20	12.24	12.48	5,875.20	5,990.40	83,897.86	85,542.91
21	12.12	12.48	5,817.60	5,990.40	83,075.33	85,542.91

22	11.76	12.48	5,644.80	5,990.40	80,607.74	85,542.91
23	12.24	12.24	5,875.20	5,875.20	83,897.86	83,897.86
24	12.24	12.12	5,875.20	5,817.60	83,897.86	83,075.33
25	12.00	12.24	5,760.00	5,875.20	82,252.80	83,897.86
26	12.36	12.36	5,932.80	5,932.80	84,720.38	84,720.38
27	12.36	12.36	5,932.80	5,932.80	84,720.38	84,720.38
28	12.36	12.36	5,932.80	5,932.80	84,720.38	84,720.38
29	12.00	12.36	5,760.00	5,932.80	82,252.80	84,720.38
30	12.24	12.00	5,875.20	5,760.00	83,897.86	82,252.80
Total			173,779.20	175,276.80	2,481,566.98	2,502,952.70

Keterangan :

Harga 1 m³ air bersih di KIIC adalah Rp 14.275,90

Harga 1 Liter air bersih adalah Rp 14,28

* = Total 8 jam produksi

Jumlah volume total air *inlate* = 13 L x 60 Menit x 8 jam x 30 hari = 187,200 Liter

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui persentase produktifitas hasil proses pengolahan air bersih sebagai berikut :

a. Produktivitas Air Bersih Media Pasir Silika= $173,779.2/187,200 \times 100 \% = 92,28 \%$

b. Produktivitas Air Bersih Media Pasir Silika= $175,276.8/187,200 \times 100 \% = 93,63 \%$

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui bahwa hasil produksi dari media saring zeolite memberikan keuntungan lebih tinggi daripada pasir silika dengan selisih keuntungan (profit) sebesar Rp 21,385.73. Selain memberikan keuntungan, kedua material saring tersebut pun memberikan kerugian (Waste) berupa Water Losses yang diakibatkan oleh proses Backwashing. Adapun kerugian dimaksud terhitung sebagai berikut :

- Pasir Silika, selama penelitian ini dilakukan, media pasir silika mengalami 9 (sembilan) kali proses Backwash yang berarti telah memberikan kerugian (Waste) sebesar 25 Liter air dengan total $9 \times 25 = 225$ liter air.
- Zeolite, media zeolite lebih sedikit mengalami proses Backwashing yaitu sebanyak 6 (enam) kali. Kondisi tersebut memberikan gambaran bahwa media saring zeolite lebih baik dalam menekan angka kerugian (Waste) selama penelitian berlangsung. Adapun nilai kerugian yang dihadirkan oleh media saring zeolite adalah $6 \times 25 = 150$ liter air. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa media zeolite memberikan dampak negatif berupa kerugian (Waste) lebih kecil dibandingkan pasir silika.

Simpanan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disimpulkan bahwa media saring yang menjadi komponen utama pada proses filtrasi di dalam instrumentasi Rapid Sand Filter memiliki pengaruh selama proses pengolahan air bersih berlangsung seperti jumlah backwash yang dibutuhkan, kemampuan filtrasi terhadap beberapa logam. Melalui hasil penelitian yang telah diperoleh media saring zeolite memiliki keunggulan dari segi produktivitas hasil proses, hasil analisa baku mutu, serta nilai ekonomis dibandingkan dengan media saring pasir silika. Kemampuan filtrasi logam Kromium (Cr) dan Seng (Zn) dengan media saring zeolite lebih baik dibandingkan dengan pasir silika. Media saring zeolit dalam memfiltrasi logam kromium mencapai 10×10^{-3} mg/L dan seng (Zn) mencapai $0,1 \times 10^{-3}$ mg/L. Sedangkan nilai produktivitas air bersih yang dihasilkan dari media saring zeolit mencapai 93,63 % dengan jumlah backwash yang dibutuhkan 150 L. Nilai ini lebih baik dari pada media pasir silika dengan jumlah backwash mencapai 225 L.

Ucapan Terima Kasih

Dalam proses penelitian ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada PT XYZ yang telah mendukung data penelitian secara objektif sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Selain itu peneliti

juga mengucapkan terimakasih atas dukungan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) atas pendanaan penelitian ini sehingga dapat diselesaikan sesuai rencana penelitian yang telah dirancang sebelumnya.

Daftar Pustaka

- [1] R. Quddus, "Teknik Pengolahan Air Bersih Dengan Sistem Saringan Pasir Lambat (Downflow) Yang Bersumber Dari Sungai Musi," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 2, no. 4, hlm. 669–675, 2014.
- [2] V. Khater, H. Fouad, A. El-Magd, dan A. Hassanain, "Effect of Pipe Material and Size on Water Losses at Different Networks in Egypt," *Archives of Current Research International*, vol. 5, hlm. 1–12, Jan 2016, doi: 10.9734/ACRI/2016/29574.
- [3] Y. Gusmareta, *Teknik Plumbing dan Sanitasi*. Medan: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.
- [4] D. Nurmalia, S. Elystia, dan A. Sasmita, "Pengaruh Diameter Pasir Silika Dan Zeolit Pada Saringan Pasir Lambat Dalam Menurunkan Parameter Kekeruhan Air Sungai Siak," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, vol. 6, no. 0, Art. no. 0, Jul 2019.
- [5] L. N. Hamidah dan A. Rahmayanti, "Pemanfaatan Zeolit dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Jumlah Bakteri pada Filter Pengolah Air Payau," *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Des 2018.
- [6] T. B. Bagundol, A. L. Awa, dan M. R. C. Enguito, "Efficiency of Slow Sand Filter in Purifying Well Water," *JMDS*, vol. 2, no. 1, Des 2013, doi: 10.7828/jmds.v2i1.402.
- [7] I. Saraswati, "Zeolite-A Synthesis from Glass," *Jurnal Sains dan Matematika*, vol. 23, no. 4, hlm. 112–115, Mar 2016.
- [8] Firsta Almira Dianty, "Analisis Uptake Dan Depurasi Logam Kromium (Cr) Dan Timbal (Pb) Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Menggunakan Air Sungai Code, Yogyakarta," Mar 2019, Diakses: 7 Januari 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/14243>
- [9] H. Halisah dkk., "The Effect of Family Approach Model Education and Zinc Supplementation on Pregnant Women with Chronic Energy Lack from Poor Family," *Open Access Maced J Med Sci*, vol. 10, no. E, hlm. 708–713, Apr 2022, doi: 10.3889/oamjms.2022.9192.
- [10] Wardhana dan E. A. Datau, "Metal fume fever among galvanized welders," *Acta Med Indones*, vol. 46, no. 3, hlm. 256–262, Jul 2014.
- [11] D. K. Sari, E. Kusniawati, dan R. Srimardani, "Peningkatan Kualitas Air Asam Tambang Menggunakan Zeolit Dan Bakteri Sebagai Media Adsorpsi Dengan Metode Sedimentasi Secara Anaerob Di Pt Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan," *Jurnal Tekni Patra Akademika*, vol. 11, no. 1, hlm. 13–20, 2020.