EnviroScienteae Vol. 16 No. 1, April 2020 ISSN 2302-3708 (online)
Halaman 28-36

PENGOLAHAN AIR SUMUR DENGAN *FLUIDIZED BED REACTOR* MENGGUNAKAN MEDIA KARBON AKTIF, ZEOLIT, DAN KAOLIN

Well Water Treatment With Fluidized Bed Reactor Using Activated Carbon, Zeolite, and Kaolin as Media

Gita Fitriani[1)], Firra Rosariawari [1)]

[1)] Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
e-mail: firra.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

The source of water that is still widely used by the community is well water, but there are still many wells that exceed the water quality standard. Like well water around Medayu, Surabaya. After testing the well water, several parameters were founds to exceed the specified clean water quality standard. These parameters are iron (Fe), manganese (Mn), lead (Pb), detergent, and KMnO4. This shows that the well water is not suitable for use. This study aims to treat well water that exceeds clean water quality standards using a fluidized bed reactor (FBR) by using media variations. The research variables are media variations (activated carbon, zeolite, and kaolin), detention time (20, 40, 60, and 80 minutes), and air pressure (2, 4, and 6 bars). The most effective results in this study are the use of zeolite as a media at a detention time of 60 minutes with an air pressure of 6 bars. Each % of parameter allowance for these results are Fe at 89,88%, Mn at 89,13%, Pb at 93,75%, Detergent at 90,74%, and KMnO4 at 95,38%.

Keywords: activated carbon; fluidized bed reactor; kaolin; well water; zeolite

PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk di Indonesia cukup tinggi, yaitu sekitar 2,3% per tahun, bahkan di daerah perkotaan mencapai 5,4% per tahun. Hal ini menyebabkan peningkatan kebutuhan sarana prasarana perumahan dan lingkungan pemukiman serta pengadaan perumahan terutama mengenai masalah kebutuhan air tanah (Keman, 2005). Air tanah yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kebutuhan air bersih adalah air sumur gali (Widiyanto, Yuniarno, & Kuswanto, 2015). Pada umumnya air sumur masih banyak yang belum memenuhi standar baku mutu air bersih. Salah satu upaya untuk mengolah air sumur agar dapat memenuhi standar baku mutu tersebut yaitu dengan cara adsorpsi menggunakan *fluidized bed reactor* (FBR). Studi tentang efektivitas proses adsorpsi dengan FBR untuk mengolah air sumur agar layak konsumsi relatif sedikit, maka diperlukan lebih banyak lagi informasi dan studi untuk mengetahui efektivitas proses adsorpsi dengan FBR untuk mengolah air sumur. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan pengolahan air sumur menggunakan FBR dengan variasi media karbon aktif, zeolit, dan kaolin. Dimana telah diketahui zeolit mempunyai sifat sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Sedangkan karbon mempunyai sifat sebagai adsorben yang dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Purwoto & Nugroho, 2013). Lain halnya dengan kaolin yang memiliki struktur rangka, mengandung ruang kosong yang ditempati oleh kation dan molekul air yang bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion dan penyerapan senyawa kimia. Dengan

adanya variasi media yang akan digunakan dalam penelitian ini, maka akan diketahui efektivitas proses pengolahan air sumur menggunakan FBR dari tiap media.

Penilitian dilakukan dengan variasi tekanan udara, waktu kontak, dan jenis media. Tujuan dari penelitian ini yaitu, untuk mengetahui persen removal dari setiap variasi terhadap penurunan kadar tiap parameter, untuk mengetahui efektivitas pengolahan air sumur pada masing-masing media menggunakan FBR, untuk mengetahui waktu kontak yang optimum dalam proses pengolahan air sumur menggunakan FBR, dan untuk mengetahui tekanan udara yang optimum dalam proses pengolahan air sumur menggunakan FBR.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan proses, yaitu proses sampling dan perlakuan sampel, preparasi media, lalu proses pengolahan air sumur dengan FBR.

Pada tahap awal yaitu proses sampling dan perlakuan sampel, dilakukan pengambilan air sampel yang berada di Medayu, Surabaya. Setelah itu dilakukan analisa semua parameter air bersih. Didapat beberapa parameter tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Permenkes No. 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi. Parameter yang belum memenuhi standar kualitas air bersih yaitu: Besi (Fe), Mangan (Mn), Timbal (Pb), Detergent, dan Zat Organik ($KMnO_4$).

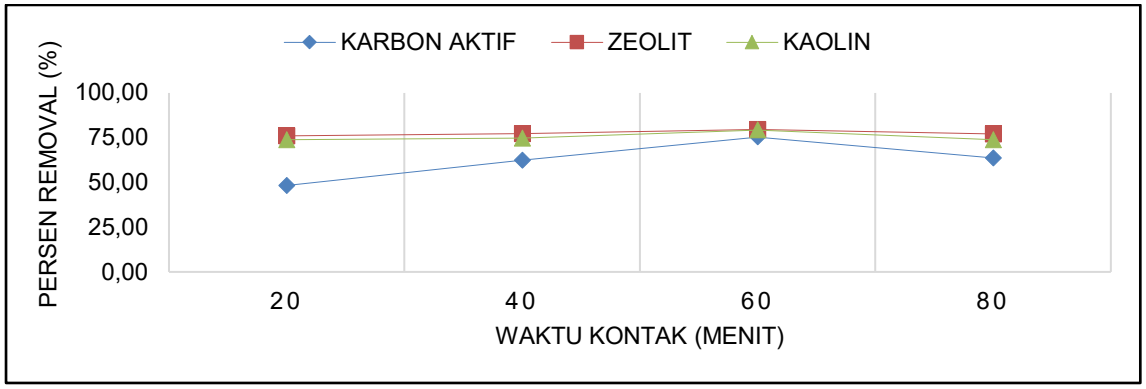
Pada tahap selanjutnya yaitu preparasi media, karbon aktif komersial dicuci menggunakan aquades bertujuan agar pengotor yang ada pada karbon aktif hilang. Setelah karbon aktif dicuci menggunakan aquades, karbon aktif dioven selama 2 jam. Proses selanjutnya yaitu karbon aktif diayak sesuai ukuran yang sudah ditentukan yaitu 100 mesh. Sedangkan untuk preparasi zeolit dan kaolin dilakukan dengan aktivasi secara fisika atau dengan pemanasan. Metode aktivasi secara fisika dilakukan dalam tiga tahapan. Tahapan pertama yaitu memperkecil ukuran butiran dengan cara menghancurkan zeolit dan kaolin lalu mengayaknya dengan ayakan ukuran 100 mesh. Tahapan kedua yaitu zeolit dan kaolin dicuci menggunakan aquades agar pengotor yang ada pada media tersebut hilang. Pada tahapan ketiga, dioven selama 2 jam.

Pada tahapan yang terakhir yaitu proses pengolahan air sumur dengan FBR. Pertama, media (karbon aktif/zeolit/kaolin) dimasukkan ke dalam kolom FBR. Selanjutnya air sumur dimasukkan ke dalam kolom FBR. Setelah itu kompresor dinyalakan dan tekanan diatur sesuai dengan variasi tekanan udara, maka media akan tersebar dalam kolom. Pengambilan air sampel pada outlet ditentukan dengan adanya variasi waktu kontak.

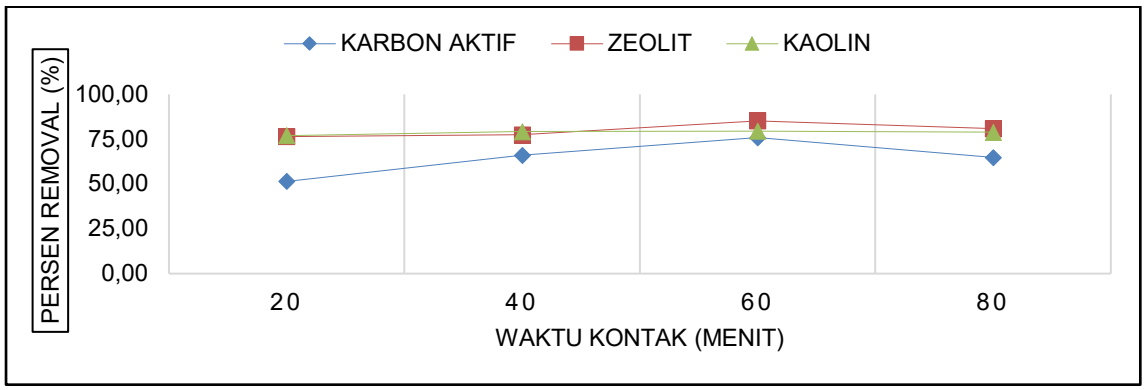
Variabel perlakuan pada penelitian ini yaitu waktu kontak dengan variasi 20, 40, 60, dan 80 menit, tekanan udara dengan variasi 2, 4, dan 6 bar, serta variasi media karbon aktif, zeolite, dan kaolin. Sedangkan variabel tetap yaitu volume air sumur sebesar 7 liter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

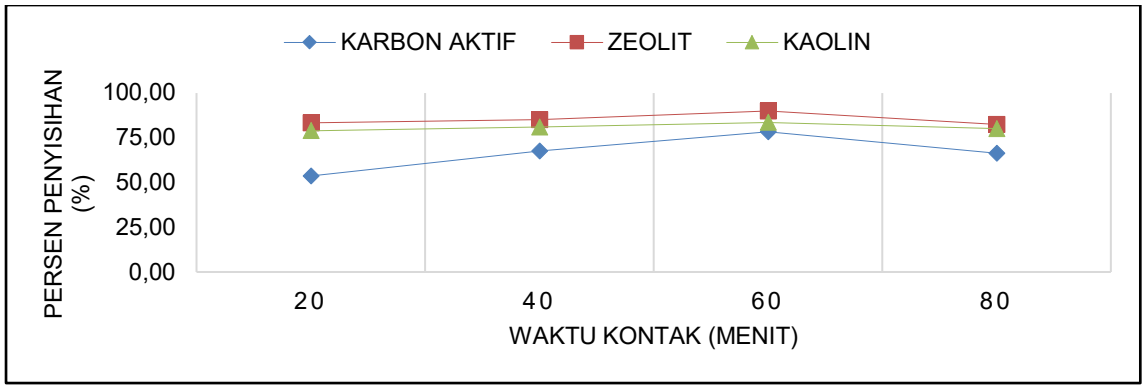
Berikut adalah grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal kadar Fe menggunakan berbagai jenis media dengan variasi tekanan udara.



Gambar 1. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Fe menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 2 bar



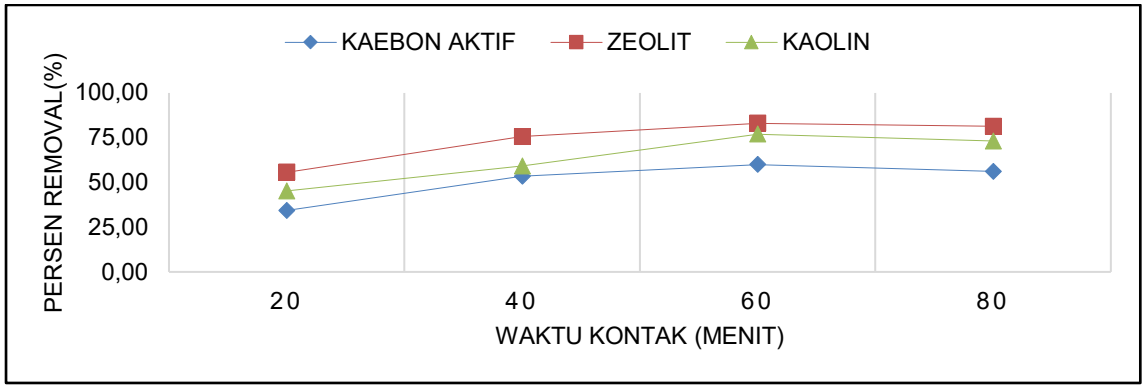
Gambar 2. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Fe menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 4 bar



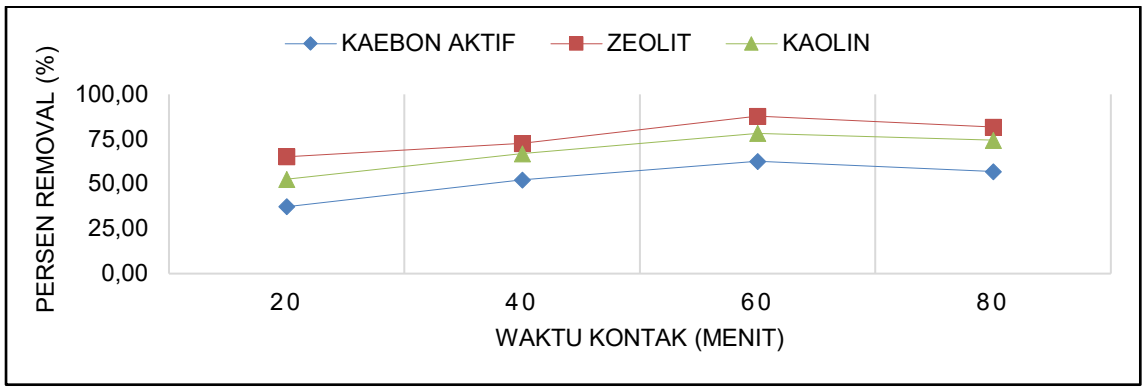
Gambar 3. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Fe menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 6 bar

Pada Gambar 1 variasi tekanan udara 2 bar, persen removal Fe tertinggi didapatkan sebesar 79,59% menggunakan media zeolite dengan waktu kontak 60 menit. Sedangkan persen removal Fe terendah pada variasi tekanan udara 2 bar, terdapat saat menggunakan media karbon aktif dengan waktu kontak 20 menit sebesar 48,28%. Sama halnya dengan dengan Gambar 2 dan Gambar 3 persen removal tertinggi didapat menggunakan media zeolit pada waktu kontak 60 menit, yaitu sebesar 85,22% dan 89,88%.

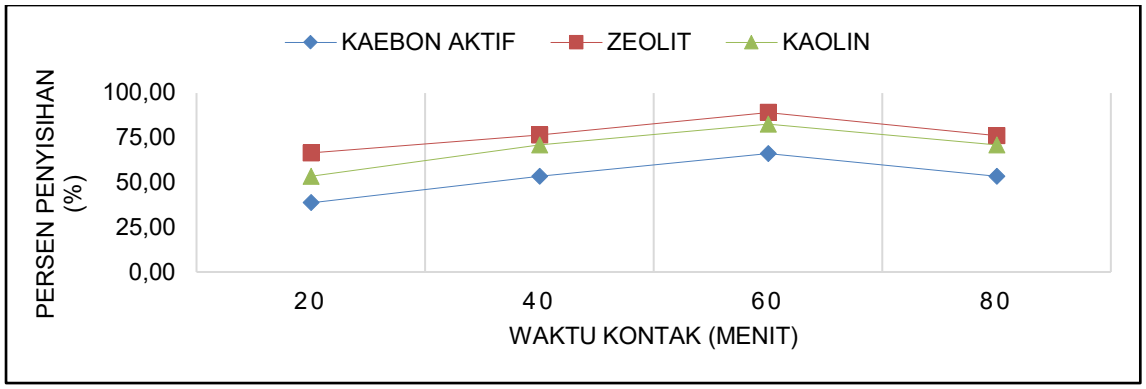
Berikut adalah grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal kadar Mn menggunakan berbagai jenis media dengan variasi tekanan udara



Gambar 4. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Mn menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 2 bar



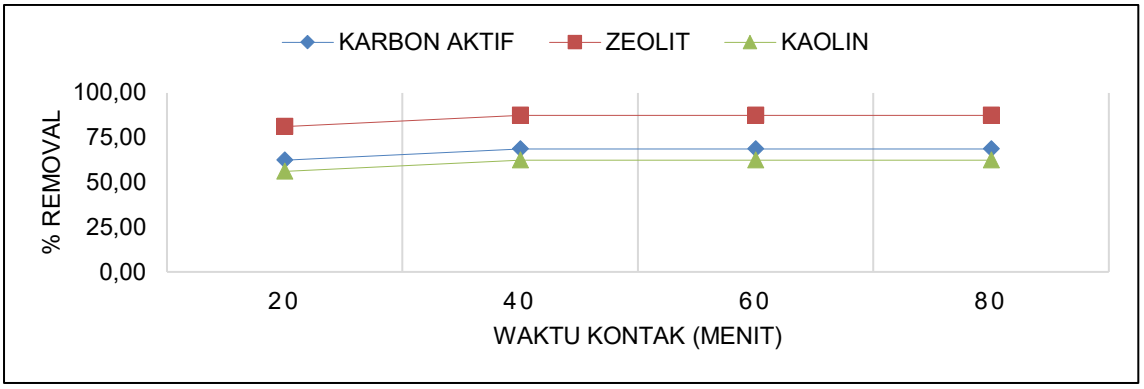
Gambar 5. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Mn menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 4 bar



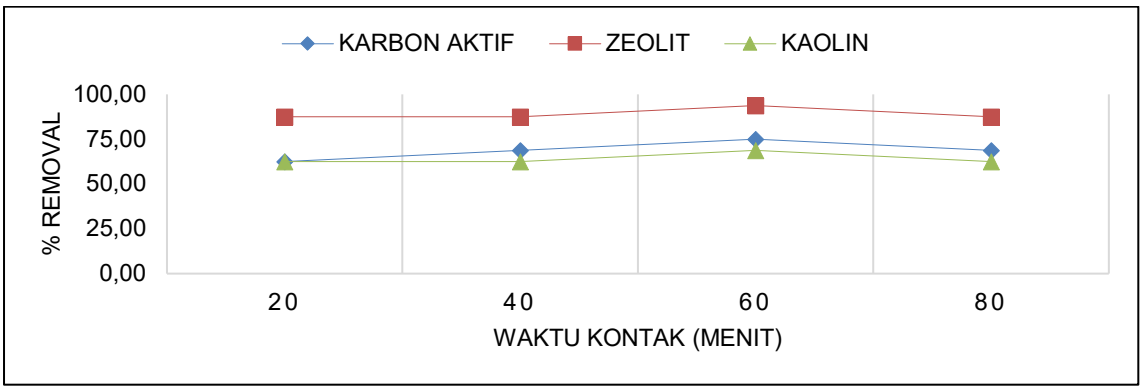
Gambar 6. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Mn menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 6 bar

Dari ketiga grafik di atas, persen removal Mn tertinggi didapat pada Gambar 6 yaitu sebesar 89,13% dengan variasi media zeolite pada waktu kontak 60 menit. Sedangkan persen removal terendah, yaitu 34,35% ada pada penggunaan media karbon aktif dengan waktu kontak 20 menit dan tekanan udara 2 bar dapat dilihat pada Gambar 4.

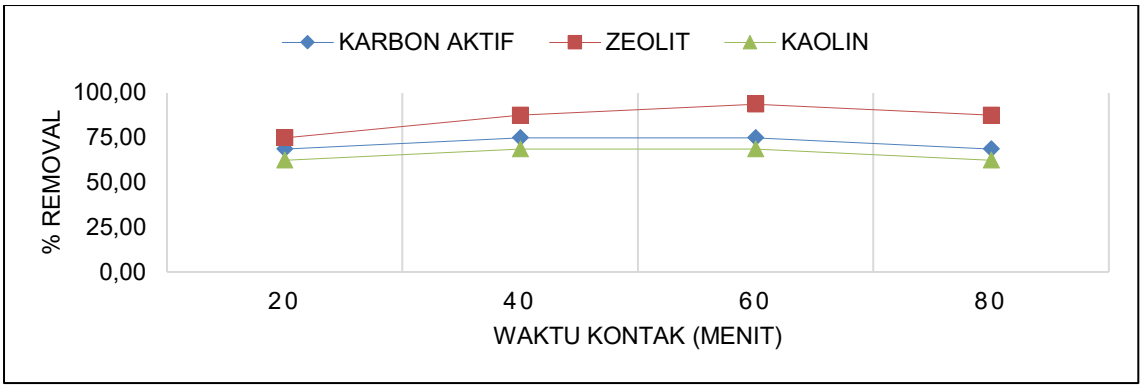
Berikut adalah grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal kadar Pb menggunakan berbagai jenis media dengan variasi tekanan udara



Gambar 7. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Pb menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 2 bar



Gambar 8. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Pb menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 4 bar

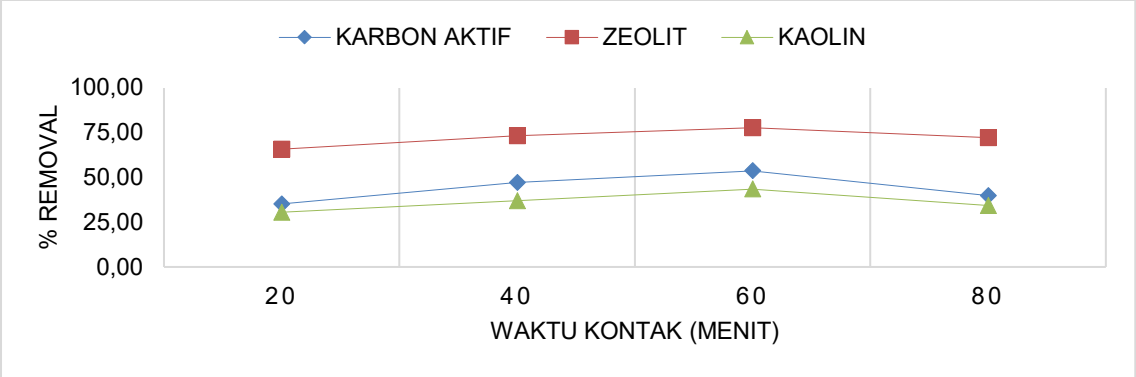


Gambar 9. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Pb menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 6 bar

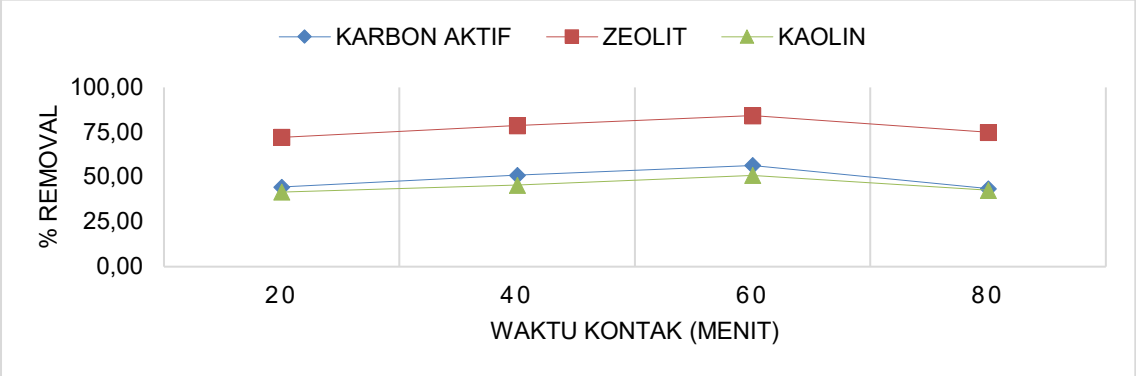
Nilai persen removal Pb terendah dari ketiga grafik di atas terdapat pada variasi tekanan udara 2 bar menggunakan media kaolin dengan waktu kontak 20 menit, yaitu sebesar 56,25% yang ada pada Gambar 7. Persen removal Pb tertinggi terdapat pada Gamb\ar 9 yang menunjukkan nilai persen removal tertinggi didapat pada waktu kontak 60 menit dengan tekanan udara 6 bar menggunakan media zeolite, yaitu sebesar 93,75%.

Penyisihan Detergent yang paling optimum dapat dilihat pada Gambar 12 didapatkan dengan menggunakan media zeolite pada waktu kontak 60 menit dengan tekanan udara 6 bar sebesar 90,74%. Sedangkan karbon aktif dirasa kurang efektif dalam menyisihkan detergent menggunakan FBR. Penyisihan terendah dapat dilihat pada

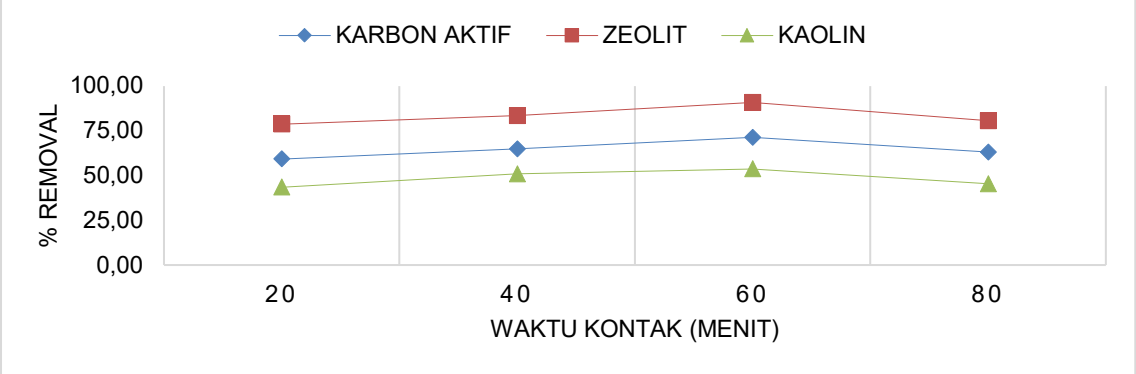
grafik -10 dengan menggunakan media kaolin pada waktu kontak 20 menit dan tekanan udara 2 bar, yaitu sebesar 30,56%. Berikut adalah grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal kadar detergent menggunakan berbagai jenis media dengan variasi tekanan udara.



Gambar 10. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Detergent menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 2 bar

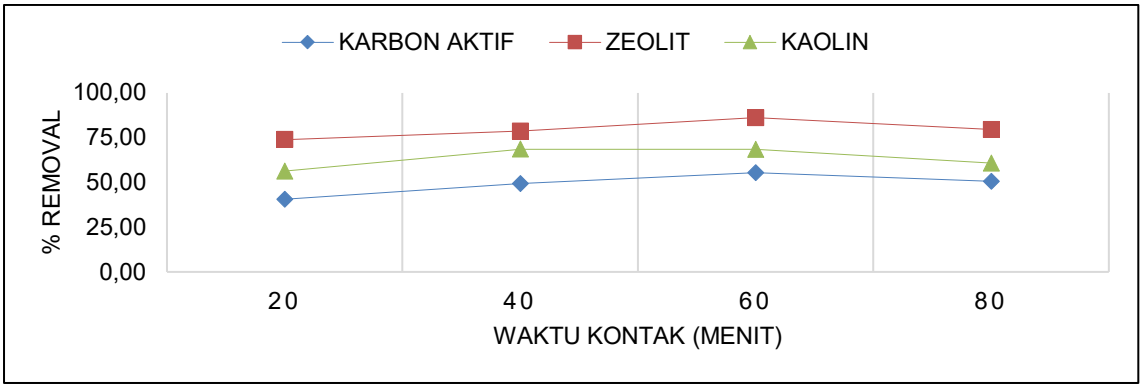


Gambar 11. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Detergent menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 4 bar

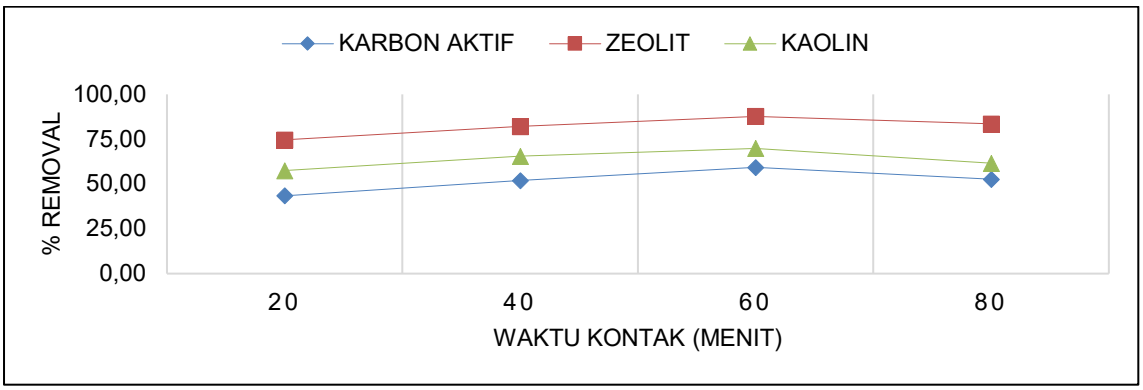


Gambar 12. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal Detergent menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 6 bar

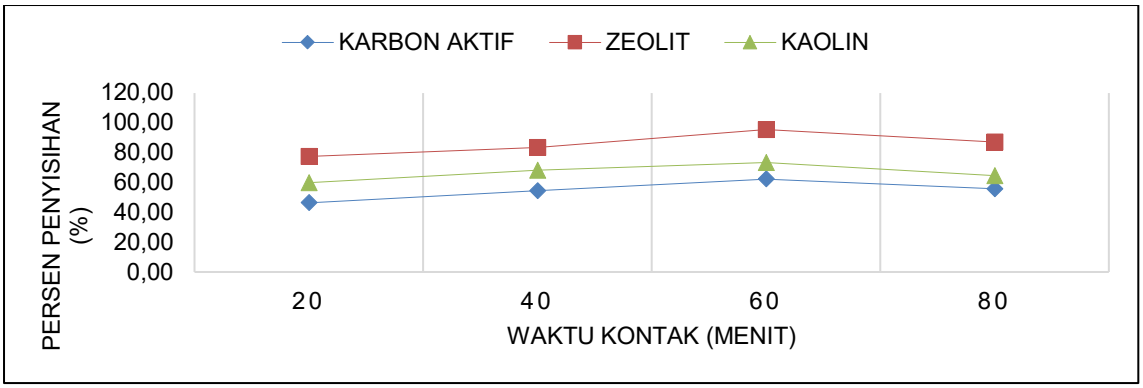
Berikut adalah grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal kadar $KMnO_4$ menggunakan berbagai jenis media dengan variasi tekanan udara.



Gambar 13. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal $KMnO_4$ menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 2 bar



Gambar 14. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal $KMnO_4$ menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 4 bar



Gambar 15. Grafik hubungan waktu kontak dengan persen removal $KMnO_4$ menggunakan berbagai jenis media dengan tekanan udara 6 bar

Nilai persen removal terendah dari ketiga grafik di atas dapat dilihat pada grafik -13 yaitu pada variasi tekanan udara 2 bar menggunakan media karbon aktif dengan waktu kontak 20 menit, yaitu sebesar 40,57%. Pada grafik -14 diketahui persen removal tertinggi pada kaolin dengan tekanan udara 4 bar sebesar 69,85% pada waktu kontak 60 menit. Dari ketiga grafik di atas, nilai persen removal tertinggi didapat pada waktu kontak 60 menit dengan tekanan udara 6 bar menggunakan media zeolite, yaitu sebesar 95,38%

Dari kelima parameter yang diuji, efektivitas $KMnO_4$ yang tertinggi di antara semuanya. Hal ini dikarenakan pada reaktor fluidisasi bermedia mengalami regime dispers yang disebabkan adanya gaya saling menabrak antar partikel terfluidakan (Muroyama & Fan, 1985). Ini menyebabkan

pecahnya gelembung udara besar menjadi gelembung udara kecil-kecil, sehingga peningkatan konsentrasi oksigen terlarut semakin meningkat. Adanya media pada reaktor ini dapat digunakan sebagai tempat tumbuh kembangnya mikoorganisme pada air. Peningkatan mikroorganisma ini yang mengakibatkan oksigen terlarut pada menit 20 sampai 60 mengalami penurunan. Dikarenakan pada menit-menit ini mikroorganisma malakukan aktifitasnya, yaitu mendegradasi zat–zat organik yang terkandung di dalam air (Hendrasarie, 2012).

Media yang Paling Efektif Dalam Pengolahan Menggunakan FBR

Pada penelitian ini, penggunaan media yang paling efektif yaitu menggunakan media zeolit. Hal ini disebabkan oleh sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam, yang mana kation tersebut bergerak secara bebas dalam struktur zeolit yang berongga dan dapat bertukar dengan kation ion logam lain dalam jumlah yang sama. Selain itu juga struktur pori zeolit berupa kristal inilah yang menyebabkan ukuran pori spesifik dan lebih berongga, jika dibandingkan dengan struktur pori karbon aktif yang berupa amorforus yang memiliki banyak mikropori sehingga dapat menghambat molekulmolekul dalam proses adsorpsi. Selain itu karbon aktif memiliki sifat adsorben yang dapat mengadsorpsi secara selektif (Purwoto & Nugroho, 2013).

Penurunan dengan persen removal terbaik pada zeolite, didapat pada saat pH 7,5. Sedangkan pada saat sebelum dilakukan proses pengolahan, pH air sumur yaitu mencapai pH 7. Pada pH rendah di mana keasamannya tinggi, gugus-gugus fungsional pada zeolite cenderung berada dalam keadaan terprotonasi oleh ion H^+ sehingga bermuatan parsial positif. Keadaan ini akan menurunkan kemampuan adsorben mengadsorp ion logam tersebut yang sama-sama bermuatan positif karena dimungkinkan terjadi tolakan elektrostatik antara situs aktif adsorben dan adsorbat dan kompetisi antara ion H^+ bebas dan ion logam untuk berikatan dengan gugus aktif adsorben. Akibatnya pada pH rendah, jumlah ion logam yang teradsorp pada adsorben zeolite relatif lebih sedikit. Kenaikan pH larutan khususnya pada pH 7,5 dihasilkan adsorpsi maksimum. Menurut Susanto (2011) dapat dijelaskan sebagai berikut, dengan naiknya pH maka akan menurunkan tingkat protonasi gugus-gugus fungsional pada permukaan zeolite sehingga muatan parsial positif pada gugus tersebut juga turun, akibatnya pada pH tersebut adsorpsi ion logam dan pertukaran ion berlangsung secara optimum.

Waktu Kontak Optimum Dalam Pengolahan Menggunakan FBR

Waktu kontak yang optimum dalam penelitian ini yaitu pada waktu kontak 60 menit. Sedangkan pada saat waktu kontak 80 menit, mengalami penurunan persen removal. Dengan bertambahnya waktu kontak, jumlah kontaminan yang terserap pada permukaan media semakin meningkat hingga tercapai titik setimbang. Pada saat mencapai titik kesetimbangan, permukaan media telah penuh tertutupi oleh zat yang diserap dan media mengalami titik jenuh sehingga media tidak dapat menyerap lagi (Lasmana, 2016).

Tekanan Udara Optimum Dalam Pengolahan Menggunakan FBR

Tekanan udara yang optimum dalam penelitian ini yaitu pada variasi tekanan udara 6 bar. Dan dapat dilihat bahwa semakin besar tekanan udara yang digunakan maka waktu fluidisasi yang dibutuhkan semakin pendek. Hal ini terjadi karena ketika kecepatan udara yang masuk ke dalam kolom diperbesar maka gaya dorong akan meningkat, sehingga mampu mengimbangi berat partikel-partikel zeolit di dalam kolom, dan akhirnya partikel-partikel zeolit mulai bergerak dan melayang di dalam fluida (Dewi, Mandasari, & Pratiwi, 2016). Pada saat tekanan udara 2 bar dan 4 bar, terjadi fenomena *bubbling fluidization.* Fenomena *bubbling fluidization* yang terjadi ketika gelembung – gelembung pada unggun terbentuk akibat distribusi partikel tidak

homogen. Pada kondisi tersebut partikel-partikel padat mulai terekspansi tetapi belum maksimal. Sehingga media yang bergerak ke atas dalam kolom fluidisasi, belum menyerap zat kontaminan yang ada pada larutan secara maksimal. Sedangkan pada saat tekanan udara 6 bar, fenomena *smooth or homogenously fluidization* terjadi. Hal itu disebabkan ketika kecepatan dan distribusi aliran fluida merata, distribusi partikel dalam unggun sama atau homogen sehingga ekspansi pada setiap partikel padatan seragam.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa masing – masing persen removal yang optimum pada tiap parameter yaitu Fe sebesar 89,88%, Mn sebesar 89,13%, Pb sebesar 93,75%, detergent sebesar 90,74%, dan $KMnO_4$ sebesar 95,38%. Hal ini terbukti efektif dalam menurunkan kadar tiap parameter dan memenuhi standar baku mutu air bersih. Media yang paling efektif dalam menurunkan kadar parameter Fe, Mn, $KMnO_4$, serta detergent yakni zeolite. Hal ini disebabkan oleh sifat zeolit sebagai penukar ion dan sebagai adsorben. Selain itu juga struktur pori zeolit berupa kristal inilah yang menyebabkan ukuran pori spesifik dan lebih berongga, jika dibandingkan dengan struktur pori karbon aktif yang berupa amorforus yang memiliki banyak mikropori sehingga dapat menghambat molekul dalam proses adsorpsi. Dari beberapa variasi waktu kontak yang ada, waktu kontak yang optimum dalam proses FBR ini yaitu pada saat 60 menit. Tekanan udara yang optimum dalam proses ini yaitu pada tekanan udara 6 bar. Kontak antara fluida dan partikel padat terjadi dengan baik karena semakin besar tekanannya maka semakin cepat pula kontak yang terjadi di dalam kolom FBR tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Dewi, T. K., Mandasari, K., & Pratiwi, L. D. (2016). Pengaruh Metoda Distribusi dan Laju Alir Udara Pada Proses Pencucian Katalis Zeolit Secara Fluidisasi. *Jurnal Teknik Kimia, 22*(1).

Hendrasarie, N. (2012). Efektifitas Fluidisasi Tiga Fase Dalam Menurunkan Parameter Organik Dalam Air. *Jurnal Purifikasi, 13*(1), 58-64.

Keman, S. (2005). Kesehatan perumahan dan lingkungan pemukiman. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair, 2*(1).

Lasmana, A. (2016). Adsorpsi Zat Warna Congo Red Dengan Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi.

Muroyama, K., & Fan, L. S. (1985). Fundamentals of gas-liquid-solid fluidization. *AIChE Journal, 31*(1), 1-34.

Purwoto, S., & Nugroho, W. (2013). Removal Klorida, TDS dan Besi pada Air Payau melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif. *WAKTU, 11*(1), 47-59.

Susanto, T. (2011). Kajian kemampuan adsorpsi zeolit alam aktif terimmobilisasi dithizon terhadap limbah ion logam Cd (II) terkompetisi Mg (II) dan Cu (II) secara simultan. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 22*(2), 53-67.

Widiyanto, A. F., Yuniarno, S., & Kuswanto, K. (2015). Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Limbah Rumah Tangga. *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat, 10*(2), 246-254.