

MEMBRAN KERAMIK MANGANESE GREENSAND DAPAT MENURUNKAN TOTAL COLIFORM PADA AIR BERSIH

Manganese Greensand Ceramic Membrane Can Reduce Total Coliform In Clean Water

Rifda Aulia ¹⁾, Irmawartini ², Agus Somad Saputra ³

1. Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Bandung, rifdaaulia1@gmail.com
2. Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Bandung, irmawartini17@gmail.com
3. Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Bandung, m_nauval2011@yahoo.com

ABSTRACT

Total Coliform in clean water is harmful to health if it exceeds the quality standard. The total Coliform in the clean water examined was 81 APM/100 mL, which exceeds the quality standard based on the Regulation of the Minister of Health No. 32 of 2017. Ceramic membrane is a technology that can reduce Total Coliform in clean water. This technology can operate at low pressure, using natural materials such as clay and sawdust. The purpose of the study was to determine the effect of manganese greensand ceramic membranes on Total Coliform in clean water in the kitchen of PT. X. This research is a field-scale experimental study with a pretest – posttest without control design, using grab sampling technique and data analysis using the Wilcoxon test. The results of the study were the average percentage of total coliform reduction was 69.55% (composition 50:50) and 53.07% (composition 40:60). The average difference in Total Coliform is 16 CFU/100 mL (50:50 composition) and 13 CFU/100 mL (40:60 composition). The results of statistical analysis related to the effect of manganese greensand ceramic membranes on the number of Total Coliforms, namely the value of Sig. (50:50 composition) = 0.008 and (40:60 composition) = 0.017. The sig value is smaller than the value of (0.05), which means that there is an effect of manganese greensand ceramic membrane on the total coliform. Manganese greensand ceramic membrane can reduce Total Coliform and the composition variation of 50:50 is a variation that is better than the composition of 40:60.

Keywords: *ceramic membrane, manganese greensand, Total Coliform, microfiltration, clean water.*

ABSTRAK

Total *Coliform* pada air bersih berbahaya bagi kesehatan bila melebihi baku mutu. Total *Coliform* pada air bersih yang diperiksa yaitu 81 APM/100 mL yaitu melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017. Membran keramik merupakan salah satu teknologi yang dapat menurunkan Total *Coliform* dalam air bersih. Teknologi ini dapat beroperasi pada tekanan rendah, menggunakan bahan alam seperti tanah liat dan serbuk gergaji. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh membran keramik *manganese greensand* terhadap Total *Coliform* pada air bersih dapur PT. X. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen berskala lapangan dengan desain *pretest – posttest without control*, menggunakan *Teknik grab sampling dan Analisa data menggunakan uji Wilcoxon*. Hasil penelitian yaitu persentase rata – rata penurunan Total *Coliform* sebanyak 69,55% (Komposisi 50:50) dan 53,07% (komposisi 40:60). Rata – rata selisih Total *Coliform* yaitu, 16 CFU/100 mL (komposisi 50: 50) dan 13 CFU/100 mL (Komposisi 40:60). Hasil analisis statistik terkait pengaruh membran keramik *manganese greensand* terhadap jumlah Total *Coliform* yaitu nilai Sig. (komposisi 50:50) =0,008 dan (komposisi 40:60) =0,017. Nilai sig lebih kecil daripada nilai α (0,05) yang artinya terdapat pengaruh membran keramik *manganese greensand* terhadap Total *Coliform*. Membran keramik *manganese greensand* dapat menurunkan Total *Coliform* dan variasi komposisi 50:50 merupakan variasi yang lebih baik dibandingkan komposisi 40:60.

Kata Kunci: membran keramik, *manganese greensand*, Total *Coliform*, mikrofiltrasi, air bersih.

PENDAHULUAN

Air adalah bagian dari kebutuhan pokok manusia. Aktivitas ekonomi dan sosial seperti rumah sakit, industri, perdagangan dan perkantoran membutuhkan air selain untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari.¹ Sumber air salah satunya adalah sungai yang memiliki berbagai macam fungsi dalam kehidupan namun dapat pula sebaliknya bila air tidak dijaga kondisi kualitasnya akan sangat membahayakan dalam kehidupan ini.²

Pada penelitian ini sampel yang digunakan berasal dari air sungai yang sudah melewati beberapa tahapan proses pengolahan air baku menjadi air bersih. Hasil pemeriksaan secara mikrobiologi pada studi pendahuluan menunjukkan bahwa sampel air yang diambil memiliki kandungan Total *Coliform* melebihi baku mutu yang disyaratkan yaitu 81 APM/100ml, 489 APM/100mL, dan 291 APM/100mL. Berdasarkan Permenkes No.32 tahun 2017 kandungan bakteri *Coliform* yang diperbolehkan maksimal 50 CFU/100 MI.³

Terdapat berbagai cara untuk mengurangi jumlah bakteri pada air bersih yaitu: *rapid sand filtration*, *Ceramic Filter*, *Solar disinfection*, *Chemical Disinfection*, *boiling*, dan *desalination*.⁴ Jenis penyaringan membran cukup menguntungkan dari segi teknis, fisis maupun ekonomi. Jenis membran menurut tingkat filtrasinya dibedakan menjadi yaitu *microfiltration* (MF), *ultrafiltration* (UF), *nanofiltration* (NF) dan *reversible osmosis* (RO).⁵ Membran didefinisikan sebagai lembaran, film, atau lapisan tipis, yang berfungsi sebagai penghalang selektif antara dua fase yang dapat berupa cairan, gas, atau uap. Membran merupakan sekat antara dua sisi yang memiliki peran sebagai penghalang selektif menurut Ulbricht.⁶

Manganese greensand ini merupakan zeolit yang telah dimodifikasi dengan

penambahan senyawa mangan lima kali lebih banyak.⁷ *Manganese greensand* memiliki ukuran pori – pori sebesar 0,00045 – 0,00267 μm .⁸ Ukuran pori – pori jenis membran mikrofiltrasi rata – rata ukuran pori 0,1 – 100 μm ⁹ sehingga *manganese greensand* berdasarkan ukuran pori – pori ada kemungkinan sesuai bila dijadikan sebagai membran mikrofiltrasi dalam bentuk membran keramik.

Penelitian yang dilakukan oleh Widodo dkk yaitu penurunan Total *Coliform* mata air menggunakan *clay filter* atau dapat disebut dengan membran keramik yang terbuat dari serbuk gergaji dan tanah liat dengan perbandingan komposisi 50:50 ternyata dapat menurunkan Total *Coliform* hingga 100%.¹⁰ Maka dari itu peneliti melakukan penelitian terkait membran keramik berbahan *manganese greensand* apakah dapat menurunkan Total *Coliform* pada air bersih.

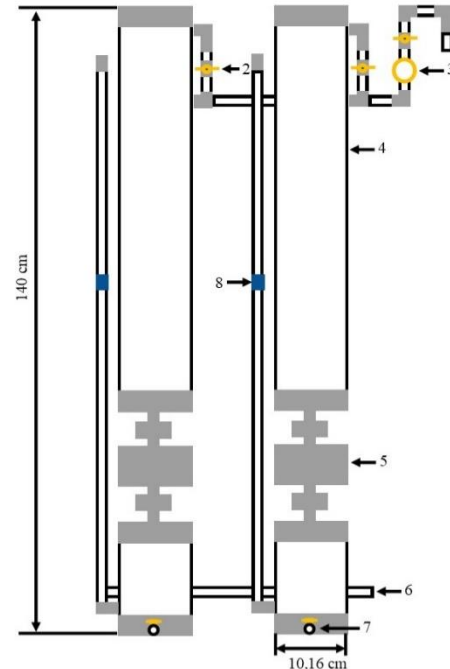
METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Sampel air bersih yang digunakan berasal dari air bersih dapur di PT.X. Teknik pengambilan sampel menggunakan pengambilan sampel sesaat atau *grab sampling*. Pengambilan sampel dilakukan pada air bersih yang telah melewati pengolahan air yang tersedia di PT.X dan waktu penelitian dimulai pada bulan April – Agustus 2021.

Desain penelitian yang digunakan adalah *Pretest dan Posttest without control*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh membran keramik *manganese greensand* dalam menurunkan parameter Total *Coliform* pada air bersih. Maka perlu dilakukan pemeriksaan kandungan Total *Coliform* sebelum dan sesudah diberikan perlakuan variasi (komposisi membran keramik *manganese greensand*) media filtrasi membran keramik. Langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu

pembuatan membran dengan menggunakan bahan, *manganese greensand* 300 gram, tanah liat atau *clay* 300 gram, air bersih.

Setelah dilakukan pencampuran bahan berdasarkan variasi yang diinginkan yaitu komposisi membran keramik variasi A (50:50) dan variasi B (40:50) kemudian dicetak dan di keringkan selama 5 hari disuhu ruang. Setelah itu dibakar menggunakan tungku dengan suhu 1100 °C, Membran kemudian dipasang pada alat. Setelah itu air sebelum dan sesudah penyaringan diuji kandungan Total *Coliform* di laboratorium dan diolah datanya dengan statistika serta dilakukan pengukuran pH, suhu, dan TDS sebelum dan sesudah perlakuan. Rancangan alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rancang Alat Penelitian

Keterangan:

1. Inlet Air
2. Stop Keran
3. Pressure Gauge
4. Pipa Pengaliran Air
5. Tempat Penyimpanan Membran Keramik
6. Outlet
7. Lubang Backwash
8. Keran Air

HASIL

Hasil Uji Porositas

Uji porositas dari membran keramik dilakukan untuk mengetahui terbentuknya pori atau tidaknya membran keramik yang terbentuk. Uji ini dilakukan dengan melakukan penimbangan berat sebelum di oven (membran basah) dan setelah di sintering (membran kering).¹¹ Berikut hasil uji porositas pada setiap membran keramik,

Tabel 1. Hasil Uji Porositas Membran Keramik *Manganese Greensand*

Membran	Komposisi Membran Keramik <i>Manganese Greensand</i> (Komposisi)	Berat Membran		Porositas (%)
		Basah (gr)	Kering (gr)	
1	(Komposisi 50:50)	149,30	99,20	36,55
2	(Komposisi 40:60)	112,90	73,82	31,65

Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi 50:50 memiliki nilai porositas sebesar 36,55 % dan nilai porositas untuk membran keramik *manganese greensand* dengan komposisi 40:60 memiliki nilai porositas sebesar 31,65%. Nilai porositas membran keramik manganese greensand dengan komposisi 50:50 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan membran keramik manganese greensand dengan komposisi 40:60.

Hasil Pemeriksaan Total Coliform

Hasil pemeriksaan Total *Coliform* pada air bersih dapur sebelum dan sesudah

melewati filter membran keramik *manganese greensand* memiliki rata rata selisih penurunan sebesar 16 CFU/100mL sampel air untuk komposisi 50:50 dan 13 CFU/100MI untuk komposisi 40:60. Presentase penurunan Total *Coliform* tertinggi yaitu pada variasi komposisi 50:50 dengan rata – rata presentase selisih penurunan sebesar 69,55% dan untuk komposisi 40:60 memiliki rata – rata presentase selisih penurunan sebesar 53,07%. Hasil pemeriksaan Total *Coliform* sebelum dan sesudah melewati filter membran keramik *manganese greensand* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Total Coliform Air Bersih Dapur Sebelum dan Sesudah Melewati Filter Membran Keramik Manganese Greensand

Pengulangan	Filter Membran Keramik <i>Manganese greensand</i> Komposisi 50:50				Filter Membran Keramik <i>Manganese greensand</i> Komposisi 40:60			
	Sebelum Perlakuan (CFU/100 mL)	Sesudah Perlakuan (CFU/100 mL)	Selisih (CFU/100 mL)	%	Sebelum Perlakuan (CFU/100 mL)	Sesudah Perlakuan (CFU/100 mL)	Selisih (CFU/100 mL)	%
1	23	6	17	73,91	23	23	0	0
2	23	16	7	30,43	23	0	23	100
3	23	3	20	86,95	23	23	0	0
4	23	16	7	30,42	23	4	19	82,06
5	23	3	20	86,95	23	12	11	47,82
6	23	7	16	69,56	23	12	11	47,82
7	23	2	21	91,30	23	7	16	69,56
8	23	4	19	82,60	23	4	19	82,6
9	23	6	17	73,91	23	12	11	47,82
Rata – Rata	23	7	16	69,55	23	11	13	53,07
Maksimum	23	16	21	91,3	23	23	23	100
Minimum	23	2	7	30,42	23	0	0	0

Hasil Pengukuran pH, Suhu dan TDS Air

Pada penelitian ini terdapat pengukuran pH, Suhu, dan TDS air bersih sebelum dan sesudah melewati filter membran keramik manganese greensand sebagai data

penunjang terkait kondisi sampel air yang digunakan pada penelitian ini. Hasil pengukuran pH, Suhu dan TDS air bersih sebelum dan sesudah melewati filter membran keramik *manganese greensand* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran pH, Suhu, dan TDS air bersih Sebelum dan Sesudah Melewati Filter Membran Keramik *Manganese Greensand*

Pengulangan	Nilai pH, Suhu, dan TDS Sebelum dan Sesudah Melewati Filter Membran Keramik <i>Manganese greensand</i> .											
	Filter Membran Keramik <i>Manganese greensand</i> Komposisi 50:50						Filter Membran Keramik <i>Manganese greensand</i> Komposisi 40:60					
	Sebelum			Sesudah			Sebelum			Sesudah		
	pH	Suhu	TDS	pH	Suhu	TDS	pH	Suhu	TDS	pH	Suhu	TDS
1	7,3	26	139,9	7	25	139,9	8,4	23	146,9	7,7	22	146,9
2	7,5	25	139,9	7,2	24	139,9	8,0	22	146,9	7,7	22	146,9
3	7,6	24	139,9	7,3	23	139,9	8,0	22	146,9	7,7	22	146,9
4	7,6	24	139,9	7,3	24	139,9	7,9	22	146,9	7,6	22	143,9
	7,6	25	139,9	7,3	25	138,9	7,9	22	146,9	7,6	22	146,9
6	7,6	25	139,9	7,3	25	139,9	7,9	22	146,9	7,7	22	146,9
7	7,5	25	139,9	7,2	25	139,9	7,6	22	146,9	7,6	22	143,9
8	7,5	25	139,9	7,4	25	138,9	7,8	22	146,9	7,7	22	143,9
9	7,6	25	139,9	7,1	25	139,9	7,8	23	146,9	7,7	22	140,9
Rata – Rata	7,5	24,8	139,9	7,2	24,5	139,6	7,9	22,2	146,9	7,6	22	145,2
Maksimum	7,6	26	139,9	7,4	25	139,9	8,4	23	146,9	7,7	22	146,9
Minimum	7,3	24	139,9	7	23	138,9	7,6	22	146,9	7,6	22	140,9

Uji normalitas data pada data hasil selisih Total Coliform sebelum dan sesudah dengan Variasi Komposisi Membran keramik *manganese greensand* mendapatkan kesimpulan bahwa hasil tidak berdistribusi normal sehingga untuk pengujian statistik bivariat dapat menggunakan uji Wilcoxon.

Uji Wilcoxon ini digunakan untuk mengetahui terkait ada tidaknya pengaruh membran keramik *manganese greensand* terhadap jumlah Total Coliform pada air bersih dan didapatkan hasil bahwa terdapat pengaruh membran keramik *manganese greensand* terhadap Total Coliform pada air bersih berdasarkan hasil uji Wilcoxon

sebab nilai sig yang diperoleh lebih kecil daripada nilai α yaitu 0,05. Nilai hasil uji Wilcoxon dapat dilihat pada Tabel 6.

Variasi pada penelitian ini adalah variasi komposisi *manganese greensand* yaitu komposisi 50:50 dan 40:60, untuk mengetahui perbedaan antara dua variasi ini yaitu menggunakan uji mann -Whitney. Kesimpulan dari hasil uji mann – whitney yang dilakukan adalah tidak adanya perbedaan antara variasi membran keramik *manganese greensand* terhadap penurunan Total Coliform. Hasil uji mann – whitney dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6 Pengaruh Membran Keramik *Manganese Greensand* Terhadap Total Coliform Pada Air Bersih

No.	Variabel	Nilai Mean	Nilai Sig. ^a
1	Sebelum Perlakuan Variasi A ^b	23	0,008
	Sesudah Perlakuan Variasi A	7	
2.	Sebelum Perlakuan Variasi B ^c	23	0,017

^aWilcoxon

^bKomposisi 50:50

^cKomposisi 40:60

Tabel 7 Variasi Membran Keramik *Manganese Greensand* terhadap Total Coliform pada air bersih

Variabel Dependent	Nilai Sig*
Hasil Jumlah Total Coliform	0,267

*uji Mann – Whitney

PEMBAHASAN

Penggunaan membran keramik *manganese greensand* terhadap Total *Coliform* pada air bersih dapur rata – rata mengalami penurunan dan berdasarkan analisis data menggunakan uji statistik didapatkan kesimpulan bahwa terdapat pengaruh membran keramik *manganese greensand* terhadap jumlah Total *Coliform* pada air bersih di dapur PT.X. Pengaruh membran keramik *manganese greensand* ini terjadi dikarenakan berhasilnya terbentuk pori – pori pada membran yang diketahui melalui uji porositas. Pori – pori pada membran keramik *manganese greensand* inilah yang menghalangi bakteri atau Total *Coliform* untuk melewati membran keramik *manganese greensand* sehingga rata – rata Total *Coliform* pada air yang melewati membran keramik *manganese greensand* mengalami penurunan.

Porositas membran yang berbeda nilai antara dua variasi membran keramik yang diteliti terjadi disebabkan oleh perbedaan komposisi bahan yang digunakan. Komposisi bahan membran keramik yang digunakan adalah *manganese greensand* sebagai bahan pembentuk pori – pori pada membran keramik sebab bila pori – pori *manganese greensand* terbuka dengan baik melalui sistem pembakaran yang digunakan maka rentang pori – pori *manganese greensand* sesuai bila diaplikasikan sebagai membran keramik dengan jenis membran keramik berdasarkan klasifikasi ukuran pori yaitu mikrofiltrasi. *Manganese greensand* memiliki ukuran pori – pori sebesar 0,00045 – 0,00267⁸ µm dan ukuran pori – pori membran mikrofiltrasi adalah jenis membran yang memiliki rata – rata ukuran pori 0,1 – 100 µ serta dapat menyisihkan bakteri yang akan melewati membran.⁹

Berdasarkan tekanan air pada saat pengoperasionalkan alat dan hasil bakteri dapat berkurang setelah melewati membran keramik *manganese greensand* dapat dikatakan bahwa membran keramik *manganese greensand* ini dapat dikategorikan sebagai membran mikrofiltrasi

yaitu membran yang memiliki rata – rata ukuran pori – pori sebesar pori 0,1 – 100 µm.

Bahan pembentuk pori – pori pada membran keramik ini adalah *manganese greensand* sementara bahan pembentuk keramik yang digunakan adalah tanah liat atau tanah lempung sebab tanah liat yang telah dibentuk untuk dijadikan sebagai filter tidak akan berubah bentuk namun akan mengalami penyusutan ukuran. Nilai porositas yang tinggi memiliki hasil filtrasi yang lebih tinggi juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Taufik.

Suhu air ketika pengambilan sampel sebelum dan sesudah melewati membran keramik *manganese greensand* berada pada rentang 24 – 22 °C dan suhu Total *Coliform* dapat tumbuh adalah pada suhu 10,0°C – 45,0°C dengan suhu optimum pada suhu 37,0°C¹² sehingga suhu bukanlah faktor yang menyebabkan Total *Coliform* tidak berkurang pada air yang telah melalui membran keramik *manganese greensand*.

Kondisi pH ketika pengambilan sampel air sebelum dan sesudah melewati membran keramik *manganese greensand* berada pada rentang 7 – 8,4 dan bakteri dapat tumbuh dengan optimum pada pH antara 6,5 – 8.¹³ Sehingga dapat dinyatakan bahwa pH air selama pengambilan sampel berada pada pH optimal untuk Total *Coliform* tumbuh dan berkembang namun berada dalam memenuhi syarat fisik pada parameter pH dalam Peraturan Menteri Kesehatan 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 yang menyatakan bahwa untuk parameter pH adalah 6,5 – 8,5 mg/l.³

Total Dissolve Solid atau (TDS) adalah padatan terlarut yang dimana merupakan terdiri atas bahan terlarut yang memiliki ukuran diameter < 10⁻⁶ mm dan koloid berdiameter 10⁻⁶ - 10⁻³ mm. terdapat dua kondisi bila padatan terlarut melewati

membran mikrofiltrasi ini yaitu tidak tertahannya padatan terlarut sehingga jumlah padatan terlarut sebelum dan sesudah melewati membran sama sebab melewati bagian pori – pori yang lebih besar dibandingkan ukuran diameternya atau padatan terlarut tersebut tertahan diatas permukaan membran sehingga mengalami penurunan jumlah atau kandungan TDS dalam air setelah melewati membran keramik.¹⁴ Tertahannya padatan terlarut ini dapat mengakibatkan terjadinya penyumbatan pada pori – pori membran dan rentang kandungan TDS dalam air bersih selisih sebelum dan sesudah melewati membran keramik *manganese greensand* adalah 0,3 – 6,0 mg/L sehingga kemungkinan terjadinya penyumbatan pori yang dapat disebabkan oleh TDS kecil dalam waktu singkat, hal ini terjadi dikarenakan pengaplikasian membran keramik *manganese greensand* ini berada setelah keseluruhan proses pengolahan air yang berada di instalasi pengolahan air di PT.X.

Variasi komposisi membran keramik *manganese greensand* dengan komposisi 50:50 memiliki presentase penurunan Total *Coliform* yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi 40:60 hal ini ternyata mendapatkan hasil yang serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Widodo, dkk yang dimana menggunakan komposisi 50:50 berhasil mendapatkan efisiensi hingga 100% yang dimana menggunakan serbuk gergaji dan tanah liat.¹⁰ Variasi komposisi ini bergantung pada keseluruhan bahan yang digunakan dalam proses pembentukan membran keramik dan cara pembuatan membran keramiknya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Kasam, dkk yang dimana ternyata komposisi serbuk gergaji sebesar 7,5% dan 10% terhadap total bahan pembuatan membran keramik (tanah lempung, pasir kwarsa, dan serbuk gergaji) dapat menurunkan bakteri e-coli sampai 98%¹⁵ serta penelitian yang dilakukan oleh fitria, dkk membran keramik dengan campuran bahan tanah liat 50%, sekam padi 20% dan zeolite 30% mampu menurunkan nilai total coliform sebesar 230 MPN/100ml,

sedangkan membran keramik dengan komposisi tanah liat 60%, sekam padi 20%, dan zeolit 20% mampu menurunkan nilai total coliform sebesar 226 MPN/100ml.¹⁶ Penelitian yang dilakukan oleh Marheni menyimpulkan bahwa media membran keramik yaitu sekam padi dan tanah liat belum efektif menurunkan Total *Coliform*.¹⁷ Bahan pembuatan membran keramik berpengaruh terhadap kemampuan membran keramik dalam menurunkan kandungan bakteri Coliform pada air bersih.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa Total Coliform sebelum dan sesudah membran keramik *manganese greensand* dengan komposisi 50:50 mengalami perubahan dan memiliki rata – rata selisih nilai sebesar 16 CFU/100 mL dan 13 CFU/100 untuk air yang melewati membran keramik *manganese greensand* dengan komposisi 40:60. Terdapat pengaruh membran keramik *manganese greensand* terhadap Total Coliform pada air bersih namun tidak adanya perbedaan yang signifikan terkait variasi komposisi membran keramik *manganese greensand* dalam menurunkan Total *Coliform*. Membran keramik *manganese greensand* komposisi 50:50 dapat menurunkan Total *Coliform* dengan presentase selisih rata - rata sebesar 69,55%.

DAFTAR RUJUKAN

1. Suprihatin, Ono S. Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri. Bogor: PT. Penerbit IPB Press, 2013
2. Juhar S, Sahuri C. Pengendalian Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Pekanbaru Terhadap Pencemaran Sungai Siak Ruas Kota Pekanbaru. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik; Vol 1, No 1.
3. Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia 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. *Peratur Menteri Kesehatan Republik Indonesia*. Published online 2017:1-20.
4. Trosch W, Water Treatment. Berlin. In: Bullinger HJ. (eds) *Technology Guide*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009:394-397. doi:10.1007/978-3-540-88546-7_73
 5. Komaladewi A, Suriadi I K, Atmika I A. Metode Filtrasi Air Menggunakan Membran Microfiltrasi Berbasis Hibrid Komposit Material. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi (Senastek)*. 2016;(907).
 6. Lestari K R. *Teori Dasar Membran*. Jakarta: LP_UNAS. 2020.
 7. Lavinia D L, Sulistiyani, Rahardjo M. Perbedaan Efektivitas Zeolit dan *Manganese Greensand* untuk Menurunkan Kadar Fosfat dan *Chemical Oxygen Demand* Limbah Cair “*Laundry Zone*” di Tembalang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Vol 4 No 4*. 2016.
 8. Putri I A, Wahyuningsih N E, Budiyo. Efektivitas Manganese Greensand Dengan Variasi Diameter dan Ketebalan Media Dalam Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pestisida Mengandung Timbal. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (E-Journal) Vol 6 No 6*. 2018.
 9. United States Environmental Protection Agency. *Membrane Filtration Guidance Manual*. Office Of Water (4061). EPA 815-R-06-009. 2005.
 10. Widodo, Samudra G, Wardana I W. Penurunan Total Coliform Mata Air Menggunakan Clay Filter. Semarang: Universitas Diponegoro. Published online 2011.
 11. Taufik D, Noordiningsih K, Yulianto B, Djuhriah N, Endayani A. Pengaruh Variasi Suhu Sintering Membran Keramik Terhadap Penurunan Kandungan Coliform. *Prosiding 2019 Seminar Nasional Keramik XVIII*. 2019. 47 – 58.
 12. Nurdiana F, Juliantoro P G S, Suryaningtyas E W. Kelimpahan Bakteri Coliform Pada Musim Kemarau di Perairan Laut Celukanbawang, Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science II*, 2019;107(1): 101-107.
 13. Sidabutar M, Moelyaningrum A D, Ningrum P T. Analisis Total Coliform Dan Sisa Klor Pada Instalasi Pengolahan Air Tegal Gede Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Jember. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*. 2013.
 14. Nicola F. Hubungan Antara Konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid), dan TSS (Total Suspended Solid) dengan Kadar Fe²⁺ dan Fe Total Pada Air Sumur Gali. *Skripsi*. Jember: Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. 2015.
 15. Kasam, Siswoyo E, Agustina R. Penggunaan Membran Keramik Untuk Menurunkan Bakteri E. Coli Dan Total Suspended Solid (Tss) Pada Air Permukaan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. Vol 1 No 1. Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan. *J Sains & Teknologi Lingkungan*. 2009;1(1):77-85. doi:10.20885/jstl.vol1.iss1.art5
 16. Sari S F, Joko S. Penurunan Total Coliform Pada Air Tanah Menggunakan Membran Keramik. *Jurnal Teknik Waktu*. 2018;16(1):30-38. doi:10.36456/waktu.v16i1.1444
 17. Saragih M. Studi Pembuatan Membran Keramik Berbahan Tanah Liat Dan Sekam Padi Untuk Menurunkan Kekeruhan Dan Total Coliform Air Sungai Deli. *Skripsi*. Medan: Universitas Sumatra Utara. 2018.