

KINERJA MEMBRAN KERAMIK DALAM PENGOLAHAN AIR SUMUR MENJADI AIR BERSIH

M. Hatta Dahlan*, Dedi Teguh, Febryan Utama

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662

Abstrak

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan manusia yang salah satunya digunakan untuk keperluan air minum. Masalah kualitas air baku untuk air minum menjadi sangat penting karena berpengaruh pada kesehatan masyarakat yang mengkonsumsinya. Salah satu contoh sumber air bersih adalah air sumur. Di beberapa daerah air sumur belum memenuhi kualitas sebagai air bersih.

Air sumur mengandung zat besi dan mangan yang cukup besar sehingga menyebabkan warna air tersebut menjadi kuning-coklat dan juga menimbulkan bau yang kurang enak. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mengolah air sumur menjadi air bersih melalui proses filtrasi membran keramik yang terbuat dari tanah liat dan zeolit (70:30). Air sumur dialirkan melewati pori-pori membran dengan variasi laju alir 5 lpm dan 7,5 lpm. Partikel yang berukuran lebih besar dari pori membran akan tertahan yang disebut dengan konsentrat dan yang berukuran lebih kecil akan lolos melewati membran yang disebut permeat. Pada penelitian ini parameter yang dianalisa adalah laju alir masuk, TDS, dan pH, sehingga dengan proses ini diharapkan dapat menghasilkan air dengan kualitas yang memenuhi syarat kesehatan.

Kata kunci : Pengolahan air sumur, Air domestik, Membran keramik

Abstract

Water is an important chemical compound of human life, which one of the function is for drinking water. The quality of raw water is very important to consider, because it can influence the human health. One of clean water sources is groundwater. In some area groundwater does not meet the standard of clean water.

The groundwater often contain iron and manganese are large enough so it will cause the colour of the water turn into yellow-brown and also cause unpleasant odors. One way to overcome this problem with the process of groundwater to be clean water with the process of filtration ceramic membrane made of clay and zeolite (70:30). The groundwater flow through of the process membrane with variations in flow rate 5 lpm and 7,5 lpm. Particle with sizes large than the pore membrane called the concentrate will be captured and the smaller will pass trough the membrane is called permeate, in this research, parameter to be analyzed is the feed flow rate, TDS, and pH, so with the process is expected can produce the water with the quality of the qualified health.

Keywords: Groundwater treatment, Domestic water, Ceramic Membrane.

1. PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk meminimalisasikan masalah pada pengolahan limbah cair industri yaitu dengan menggunakan teknologi membran. Sistem filtrasi menggunakan membran telah lama dikenal dalam pengolahan air, baik untuk kebutuhan air minum atau air untuk keperluan industri. Kebanyakan membran terbuat dari polimer, polisulfonat atau campuran bahan padat seperti keramik. Teknologi membran keramik ini memiliki kelebihan dibandingkan membran organik atau polimer seperti umur pakai yang lama, mudah dan efisien di dalam

membersihkannya, ketahanan kimia dan termal yang lebih baik serta mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi. Membran keramik tidak hanya berfungsi mengurangi kesadahan, tetapi dapat digunakan untuk memisahkan campuran liquid-liquid atau pavorasi gas. sehingga membran keramik sangat efisien untuk dipergunakan dalam pengolahan limbah cair (Laporan Penelitian Septha Ambarrini & Renny Aprilia, Pengaruh Penambahan Serbuk Besi (Fe_3O_4) Terhadap Filter Yang Terbuat Dari Campuran Tanah Liat Dan Abu Batubara Serta Aplikasinya Dalam Pengolahan Limbah Cair, 2010).

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah Mendapatkan air sumur yang bersih dengan ketentuan yang ditetapkan oleh *Peraturan Menteri Kesehatan RI No : 492/MENKES/PER/IV/2010*, untuk digunakan sebagai air minum.

Dalam penelitian ini permasalahan yang akan diangkat adalah Kandungan Fe dan Mn dalam air sumur yang kami teliti masih cukup tinggi, yaitu sekitar 8,70 mg/l dan 1,36 mg/l. Perlu dilakukan metode filtrasi yang khusus untuk menurunkan kedua kandungan logam tersebut. Sehingga, bagaimana air sumur dapat ditingkatkan kualitasnya menjadi air bersih yang layak untuk digunakan sebagai air minum.

Adapun manfaat penelitian ini adalah mengetahui proses pengolahan air sumur dengan menggunakan membran keramik, dan untuk meningkatkan kualitas air sumur menjadi air bersih dengan menggunakan membran keramik.

Ruang lingkup penelitian meliputi analisa sampel awal air sumur didaerah bukit besar Palembang. Analisa yang dilakukan antara lain : kadar pH, TDS, kandungan ion logam besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang terkandung di dalam air sumur tersebut dengan variabel proses yang akan diteliti adalah laju alir umpan dan waktu operasi.

Penelitian ini dapat dilakukan dalam skala laboratorium. Membran dapat didefinisikan sebagai suatu media tipis yang berpori dengan ketebalan tertentu yang mempunyai sifat semipermeabel dan dapat digunakan untuk memisahkan partikel dengan ukuran tertentu dalam suatu sistem larutan atau suspensi. Membran dapat juga diartikan sebagai sebuah penghalang selektif antara dua fase yang berfungsi untuk memisahkan material berdasarkan ukuran, bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mempunyai ukuran lebih besar dari ukuran pori membran akan tertahan yang disebut sebagai konsentrat dan larutan dengan ukuran yang lebih kecil dari ukuran pori membran akan lolos menembus pori-pori membran yang disebut permeat. Kemudahan membran untuk dilewati oleh suatu spesi dinyatakan dengan permeabilitas.

Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran tersebut. Adapun sifat-sifat membran, yaitu :

1. Stabil terhadap perubahan temperatur
2. Mempunyai daya tahan terhadap bahan-bahan kimia
3. Kemudahan untuk mendeteksi kebocoran
4. Tidak mudah dirusak oleh mikroba
5. Tidak mulur pada tekanan operasi yang tinggi.

Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses pengolahan secara konvensional terutama dalam pengolahan air bersih antara lain yaitu pemisahan dapat dilakukan secara terus-menerus, memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya modular sehingga mudah disesuaikan dengan pemakainya serta tidak butuh kondisi ekstrim.

Klasifikasi Membran

Berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkan, membran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Membran mikrofiltrasi
2. Membran ultrafiltrasi
3. Membran osmosa balik
4. Nanofiltrasi
5. Membran dialisa
6. Membran elektrodialisa

Sedangkan berdasarkan materialnya membran dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu antara lain :

1. Membran organik (polimer)
2. Membran anorganik

Teknologi Membran

Teknologi membran merupakan salah satu teknologi pemisahan yang relatif baru, namun aplikasinya telah merambah luas ke berbagai sektor industri. Hal ini memberikan implikasi positif tidak saja bagi pihak industri karena proses menjadi hampir selalu menguntungkan, tetapi juga bagi kelestarian lingkungan yang selama ini seringkali terabaikan

Prinsip Proses Pemisahan Dengan Membran

Pada prinsipnya proses pemisahan dengan menggunakan membran adalah proses pemisahan antara pelarut dengan zat terlarut. Zat terlarut yang tertahan oleh membran disebut konsentrat sedangkan pelarut yang lolos melalui membran dinamakan permeat, sedangkan umpan yang terdiri dari bermacam-macam

komponen yang akan dipisahkan disebut *upstream* dan permeat yang merupakan hasil pemisahan disebut *downstream*.

Kecepatan aliran komponen yang akan dipisahkan bergantung kepada jenis gaya pendorong (*driving force*) dan karakteristik membran. Jenis gaya pendorong yang ada pada proses pemisahan dengan menggunakan membran yaitu perbedaan tekanan, perbedaan konsentrasi, dan perbedaan temperatur.

Kinerja Membran

Kinerja atau efisiensi perpindahan didalam membran ditentukan oleh dua parameter yaitu :

a. Permeabilitas

Permeabilitas sering disebut juga sebagai kecepatan permeat atau fluks adalah ukuran kecepatan suatu spesi melewati membran persatuan luas dan waktu dengan gradien tekanan sebagai gaya pendorong. Pada proses filtrasi, nilai fluks yang umum dipakai adalah fluks volume yang dinyatakan sebagai volume larutan umpan yang dapat melewati membran per satuan waktu per satuan luas membran. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas larutan serta tekanan dari luar.

b. Selektifitas

Selektifitas yang parameternya dinyatakan sebagai koefisien penolakan atau koefisien rejeksi adalah ukuran kemampuan membran menahan suatu spesi. Faktor yang mempengaruhi selektifitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran, larutan umpan dan ukuran pori.

Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya sebagai berikut :

1. Ukuran Molekul
Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran.
2. Bentuk Membran
Membran dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, seperti bentuk datar, bentuk tabung, dan bentuk serat berongga.
3. Bahan Membran
Perbedaan bahan membran akan berpengaruh pada hasil rejeksi dan distribusi ukuran pori.
4. Karakteristik Larutan

Karakteristik larutan ini mempunyai akan memberi pengaruh terhadap permeabilitas membran.

5. Parameter operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi

Membran Keramik

Membran dapat dibuat dari bermacam-macam material seperti keramik, kaca, atau logam. Pada umumnya membran keramik adalah membran yang terbentuk dari kombinasi logam (aluminium, titanium, zirkonium) dengan non logam dalam bentuk oksida, nitrida atau karbida. Contohnya adalah membran alumina atau zirkonia. Pada membran keramik susunan, bentuk dan ukuran pori menjadi kunci karakterisasi membran, karena bentuk dan ukuran partikel bahan mentah sangat menentukan susunan, ukuran, dan bentuk dari pori membran. Umumnya senyawa keramik alami lebih stabil dalam lingkungan termal dan kimia dibandingkan elemennya. Bahan baku keramik alam yang umum dipakai adalah felspar, ball clay, kwarsa, kaolin, dan air. Sifat keramik sangat ditentukan oleh struktur kristal, komposisi kimia dan mineral bawaannya. Oleh karena itu sifat keramik juga tergantung pada lingkungan geologi di mana bahan diperoleh.

Tanah Liat (Lempung)

Tanah liat memiliki sifat paling stabil dan paling tahan tererosi. Agar tanah liat dapat digunakan untuk membentuk benda keramik maka harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Sifat plastis
Sifat plastis berfungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan sehingga benda yang dibentuk tidak akan mengalami keretakan, pecah atau berubah bentuk.
2. Memiliki kemampuan bentuk
Tanah liat juga harus mempunyai kemampuan bentuk yaitu kualitas penopang bentuk selama proses pembentukan berlangsung yang berfungsi sebagai penyangga.
3. Susut kering dan susut bakar
Tanah liat yang terlalu plastis biasanya memiliki persentase penyusutan lebih dari 15 %, sehingga apabila tanah liat tersebut dibentuk akan memiliki resiko retak atau pecah yang tinggi.

4. Suhu kematangan (vitriifikasi)
Suhu bakar keramik berkaitan langsung dengan suhu kematangan, yaitu keadaan benda keramik yang telah mencapai kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk.
5. Porositas
Fluks membran keramik secara langsung berhubungan dengan porositas, dimana membran keramik yang bagus adalah membran dengan porositas tinggi, tetapi tidak menurunkan kekuatan mekanik membran tersebut.

Zeolit

Zeolit adalah mikroporous, mineral aluminosilikat yang umum digunakan sebagai adsorben komersial dan banyak digunakan dalam industri untuk pemurnian air, Zeolit memiliki struktur berpori yang dapat mengakomodasi berbagai kation, seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan lain-lain. Zeolit juga sering disebut sebagai *molecular sieve* (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan molekul dengan ukuran tertentu. Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain : mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab.

Air Sumur

Air berasal dari dua sumber yaitu air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Air permukaan adalah air yang berada di danau, waduk, rawa, sungai dan badan air lainnya yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah sedangkan air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah dapat berupa air sumur dalam maupun air sumur dangkal. Sumber air tanah ini dapat dengan mudah dijumpai seperti yang terdapat pada sumur gali penduduk, sebagai hasil budidaya manusia. Ketersediaan sumber air tanah ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti topografi, batuan, dan curah hujan yang jatuh di permukaan tanah.

Secara umum kualitas air sumur atau air tanah mempunyai karakteristik tertentu yang berbeda dengan kualitas air permukaan/sungai. Air tanah pada umumnya jernih, namun sering mengandung mineral-mineral atau garam-garam yang cukup tinggi sebagai akibat dari pengaruh batuan dibawah tanah yang dilalui oleh air tanah. Pada air tanah dangkal, kualitas dan kuantitasnya dipengaruhi oleh kondisi

lingkungan di permukaannya, dalam hal kuantitas sangat dipengaruhi oleh curah hujan setempat, sementara kualitasnya dipengaruhi oleh kondisi sanitasi disekitarnya.

Air sumur merupakan sumber utama air minum bagi masyarakat yang tinggal di daerah perkotaan. Untuk mendapatkan sumber air tersebut umumnya manusia membuat sumur gali atau sumur pantek. Air tanah sering mengandung zat besi (Fe) dan Mangan (Mn) cukup besar. Adanya kandungan Fe dan Mn dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara. Disamping dapat mengganggu kesehatan juga menimbulkan bau yang kurang enak serta menyebabkan warna kuning pada dinding bak serta bercak-bercak kuning pada pakaian. Air yang tercemar oleh logam-logam ini biasanya nampak pada intensitas warna yang tinggi pada air, berwarna kuning bahkan berwarna merah kecoklatan, dan terasa pahit atau masam. Oleh karena itu menurut PP No.20 Tahun 1990 tersebut, kadar (Fe) dalam air minum maksimum yang dibolehkan adalah 0,3 mg/lit, dan kadar Mangan (Mn) dalam air minum yang dibolehkan adalah 0,1 mg/lit. Kualitas air sumur saat ini sebagian besar sudah memenuhi standar, namun dengan adanya kandungan Fe dan Mn yang masih diambang batas sehingga memerlukan pengolahan sebelum didistribusikan kepada pelanggan. Besi (Fe) dan mangan (Mn) merupakan logam yang sering bersamaan keberadaannya di alam maupun di dalam air.

Permasalahan yang timbul yakni sering ditemukan bahwa kualitas air tanah yang digunakan oleh masyarakat kurang memenuhi syarat sebagai air bersih yang sehat bahkan di beberapa tempat tidak layak untuk digunakan sebagai air bersih. Air yang layak untuk digunakan mempunyai standar persyaratan tertentu yakni persyaratan fisis, kimiawi dan bakteriologis, dan syarat tersebut merupakan satu kesatuan. Jadi jika ada satu saja parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tersebut tidak layak untuk digunakan. Pemakaian air bersih yang tidak memenuhi standar kualitas tersebut dapat menimbulkan gangguan kesehatan, baik secara langsung dan cepat maupun secara tidak langsung dan secara perlahan.

Kualitas Air Baku

Kualitas air bersih terutama untuk air minum sangat erat kaitannya dengan kualitas air bakunya. Umumnya kualitas air baku dari air tanah sudah cukup baik sehingga tidak sulit

menjadikannya sebagai air bersih yang memenuhi persyaratan kesehatan.

Beberapa persyaratan air bersih yang layak untuk digunakan baik dari segi fisika, kimia, maupun biologinya antara lain sebagai berikut :

A. Persyaratan Fisika

Syarat fisik air yang layak minum sebagai berikut :

1. Kekeruhan
Kualitas air yang baik adalah jernih (bening) dan tidak keruh. Batas maksimal kekeruhan air menurut Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010 adalah 5 skala NTU.
2. Tidak berbau dan rasanya tawar
3. Jumlah padatan terapung
Batas maksimal jumlah padatan terapung yang diperbolehkan adalah 500 mg/l.
4. Suhu Normal
Air yang baik mempunyai temperatur normal, yaitu 35°C.
5. Warna
Air yang layak dikonsumsi harus jernih dan tidak berwarna. Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010 menyatakan bahwa batas maksimal warna air yang layak minum adalah 15 skala TCU.

B. Persyaratan Kimia

Persyaratan kimia sebagai batasan air yang layak untuk digunakan sebagai air minum adalah sebagai berikut:

1. Derajat Keasaman (pH)
Menurut Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010, batas pH minimum dan maksimum air layak minum berkisar antara 6,5-8,5.
2. Kandungan Bahan Kimia Organik
Bahan kimia organik seperti NH_4 , H_2S , SO_4^{2-} dan NO_3 tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan.
3. Kandungan Bahan Kimia Anorganik
Kandungan bahan kimia anorganik seperti garam dan ion-ion logam (Fe, Al, Cr, Mg, Ca, Cl, K, Pb, Hg, Zn) pada air layak minum tidak melebihi jumlah yang telah ditentukan.
4. Tingkat Kesadahan
Berdasarkan Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010, derajat kesadahan (CaCO_3) maksimum air yang layak minum adalah 500 mg per liter.

C. Persyaratan Biologis

Sumber-sumber air yang ada di alam pada umumnya masih mengandung berbagai jenis mikroba, baik air permukaan, maupun air tanah. Jumlah dan jenis mikroba yang terdapat didalam air tersebut dapat berbeda-beda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya.

Oleh karena itu air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus benar-benar bebas dari mikroba patogen sehingga ketika akan digunakan tidak membahayakan kesehatan tubuh.

Kandungan Logam dalam Air

Indikator yang digunakan untuk mendeteksi pencemaran air adalah ada tidaknya zat pencemar yang salah satunya adalah kandungan logam berat didalamnya. Di antara semua unsur logam berat, Hg menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya, kemudian diikuti oleh logam berat antara lain Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Fe dan Zn.

Dalam tanah besi (Fe) terdapat sebagai Fe_2O_3 atau sebagai FeS_2 yang sifatnya sukar larut. Terkadang juga terdapat sebagai FeCO_3 yang sukar larut. Kandungan besi dalam air yang diperbolehkan < 0,3 ppm apabila melebihi 0,3 ppm akan mengakibatkan warna air menjadi kemerah-merahan, memberi rasa tidak enak pada minuman dan pembentukan endapan pada pipa logam. Kelebihan zat besi (Fe) pada tubuh manusia bisa menyebabkan keracunan, dimana terjadi muntah, diare dan kerusakan usus serta gangguan pada ginjal.

Mangan adalah logam yang berwarna metal kelabu kemerahan. Di dalam penyediaan air, seperti halnya Fe, Mn juga menimbulkan warna ungu/hitam. Mangan di alam biasanya bersama sama dengan besi sebagai mineral MnO_2 . Mineral ini mempunyai kelarutan yang baik dalam air membentuk ion Mn^{2+} maupun senyawa hidroksida mangan yang stabil dalam air. Keberadaan mangan dalam air dalam jumlah banyak sangat mengganggu kesehatan maupun kualitas air itu sendiri baik sebagai air minum maupun air bersih, Kandungan Mn yang memenuhi standar kesehatan sebagai ambang batas adalah 0,1 mg/l untuk mangan.

Kelebihan Total Dissolved Solid (TDS)

Semakin tinggi TDS maka dalam jangka panjang akan memberikan dampak negatif pada tubuh manusia karena tidak sanggup diuraikan dan akan mengendap sebagai sumber berbagai penyakit degeneratif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus 2011 sampai dengan Oktober 2011

bertempat di Laboratorium Kimia Fisika Universitas Sriwijaya.

Alat-alat yang digunakan antara lain :

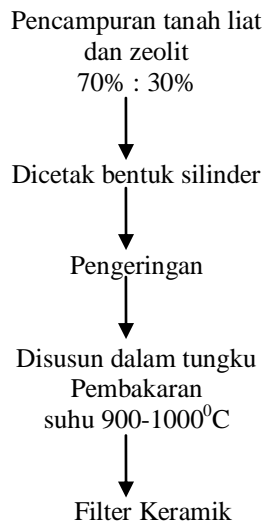
1. Filter membran keramik
2. Housing membran keramik
3. Selang plastik
4. Pressure gauge
5. Pipa PVC
6. Pompa air
7. Flowmeter
8. pHmeter
9. TDS meter
10. Gelas ukur
11. Ember plastik
12. Penyangga kayu besi

Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

1. Tanah Liat
2. Zeolit
3. Karbon Aktif
4. Pasir
5. Air Sumur

PROSEDUR PENELITIAN

1. Pembuatan Membran Keramik



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Membran Keramik

2. Proses Pembuatan Filter Keramik

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pembuatan filter keramik :

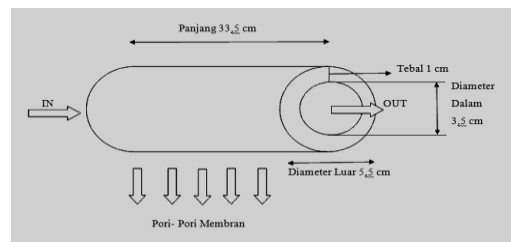
1. Pencampuran tanah liat dan zeolit dengan perbandingan tanah liat : zeolit yaitu 70 % : 30% ditambah air 30% kemudian diaduk rata.
2. Bahan dicetak dengan cetakan gips.
3. Dikeluarkan dari cetakan kemudian ditempatkan diatas lembaran pohon pisang.

4. Dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari.
5. Dibakar pada suhu 900 – 1000°C.
6. Lama pembakaran 12 jam, yaitu 4 jam dilakukan pengasapan dan pembakaran 8 jam.

3. Skema rancangan filter keramik

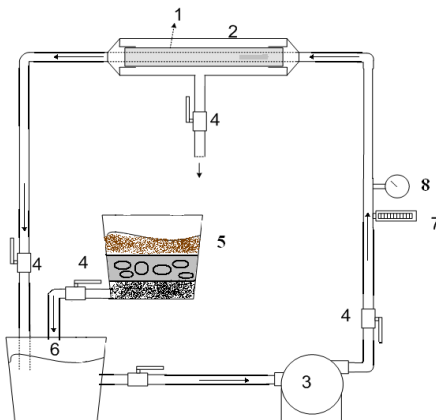
Membran keramik dibuat dari tanah liat dan zeolit yang mempunyai :

- Diameter dalam = 3,5 cm
- Diameter luar = 5,5 cm
- Ketebalan = 1.0 cm
- Panjang = 33,5 cm



Gambar 2. Skema rancangan membran keramik

4. Rangkaian Alat Penelitian



Gambar 3. Skema Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan :

1. Membran Keramik
2. Housing Membran
3. Pompa Air
4. Valve / Kran
5. Filter
6. Filtered Tank
7. Flowmeter
8. Pressure Gauge

Air sumur terlebih dahulu ditampung pada tangki berkapasitas 50 lt, untuk proses pengaliran digunakan pompa sentrifugal. Air sumur dari tangki penampungan dimasukkan ke dalam filtered tank yang berisi pasir silika,

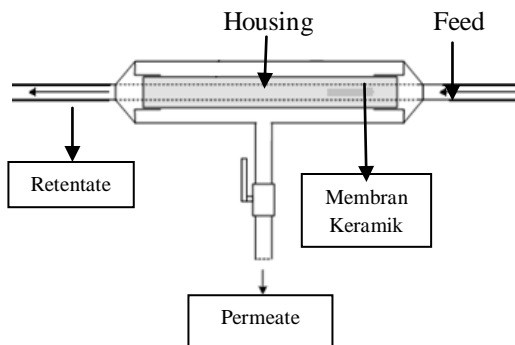
zeolit, dan karbon aktif sebelum menuju ke membran keramik. Air yang mengalir ke dalam filter keramik tersebut akan merembes melewati pori-pori dinding membran. Kondisi operasi untuk masing-masing filter divariasikan antara laju alir inlet 5 liter/menit dan 10 liter/menit dengan waktu operasi selama 15, 30, 45 dan 60 menit.

5. Housing Membran

Housing domestik terbuat dari fiber glass, yang mempunyai :

Diameter housing = 13,2 cm

Panjang housing = 34,5 cm



Gambar 4. Skema Pola aliran proses filtrasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

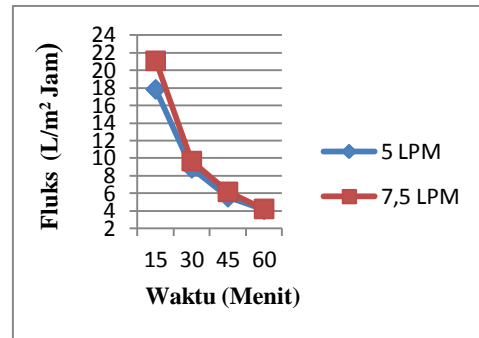
Pada bab ini akan disajikan data hasil penelitian beserta analisisnya. Data tersebut diperoleh dari hasil pengamatan seluruh rangkaian percobaan dengan menggunakan membran keramik. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil yang menunjukkan adanya peningkatan kualitas air sumur yang tadinya belum layak untuk digunakan sekarang sudah layak untuk digunakan karena telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang diproses dengan membran keramik. Hal ini dapat dilihat dari penurunan TDS, kandungan ion logam seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), fluks dan kadar pH yang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air. Data-data yang ada dianalisa disajikan dalam bentuk tabel dan grafik

Analisa Sampel Awal Air Sumur

Tabel 1. Kandungan Sampel Awal Air Sumur

No	Parameter	Nilai
1	pH	7,20
2	TSS	28 mg/l
3	TDS	33 mg/l
4	Turbidity	113 NTU
5	Mn	1,36 mg/l
6	Fe	8,70 mg/l

Hubungan Antara Fluks Terhadap Waktu Operasi



Gambar 5. Grafik hubungan fluks terhadap waktu

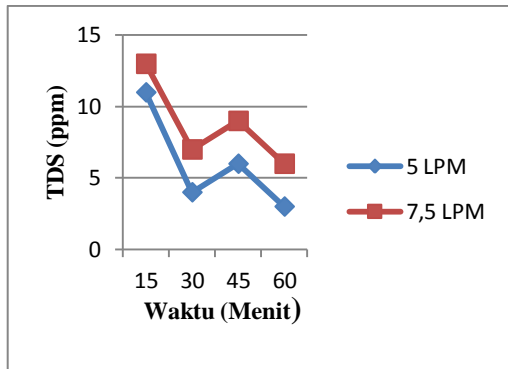
Dari grafik diatas terlihat bahwa untuk membran dengan laju alir 5 lpm., fluks permeat ketika proses operasi berjalan pada waktu 15 menit sebesar 17,83785 L/m² jam, 30 menit sebesar 8,849787 L/m² jam, dan semakin kecil ketika operasi berjalan 45 menit dan 60 menit yaitu sebesar 5,561978 L/m² jam, dan 4,144629 L/m² jam. Hal yang sama untuk membran dengan laju alir 7,5 lpm, Fluks ketika proses pengolahan berjalan pada waktu 15 menit sebesar 21,08738 L/m² jam, 30 menit sebesar 9,679454 L/m² jam, dan semakin kecil ketika operasi berjalan, 45 menit dan 60 menit yaitu sebesar 6,176413 L/m² jam, dan 4,234761 L/m² jam.

Penurunan nilai fluks ini disebabkan karena zat terlarut yang tertahan oleh membran lama kelamaan akan terakumulasi atau menumpuk pada permukaan membran dan mengakibatkan terbentuknya gel atau lapisan fouling pada permukaan membran, sehingga terjadinya pemampatan dan meningkatnya resistan (hambatan) pada permukaan membran.

Tabel 2. Persentase Rejeksi TDS dan pH (Outlet Membran)

Laju Alir (LPM)	Waktu (menit)	Outlet Membran	
		TDS (PPM)	pH
5	15	11	6,88
	30	4	6,87
	45	6	6,89
	60	3	6,90
	Rata-rata	6	6,885
7,5	% Rejeksi	89,2857	4,375
	15	13	6,97
	30	7	6,96
	45	9	6,98
	60	6	6,99
Rata-rata	8,75	6,975	
% Rejeksi	84,3750	3,125	

Hubungan Antara TDS terhadap Waktu Operasi (Outlet membran)



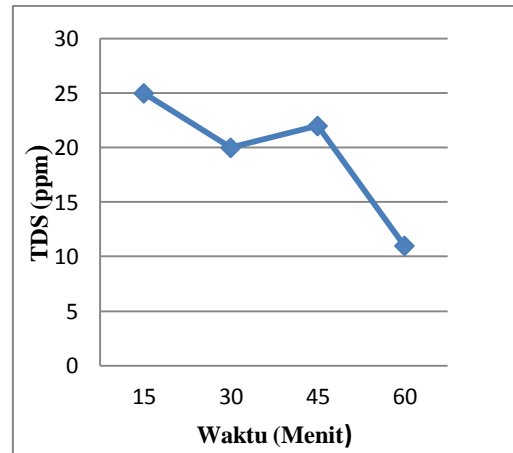
Gambar 6. Grafik Hubungan TDS terhadap waktu

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa grafik penurunan TDS sangat fluktuatif pada laju alir 5 liter/menit maupun laju alir 7,5 liter/menit. Terjadi penurunan TDS walaupun penurunannya tidak stabil. Seperti pada laju alir 5 liter/menit pada waktu operasi 15 menit dimana TDS nya dari 11 ppm menjadi 4 ppm. Namun TDS kembali meningkat sedikit menjadi 6 ppm pada waktu operasi 45 menit dan kembali turun menjadi 3 ppm pada waktu operasi 60 menit. Hal ini mungkin dikarenakan pori-pori sandfilter terutama karbon aktif yang tidak rapat lagi. Sehingga ketika keluar dari sandfilter kemudian mengalir menuju membran terjadi penurunan fluks yang tidak stabil. Hal yang sama terjadi pula pada laju alir 7,5 liter/menit dimana fluktuasi penurunan jumlah TDS tidak terlalu jauh berbeda.

Tabel 3. Persentase Rejeksi TDS dan PH (Outlet Sandfilter)

Waktu (Menit)	Outlet Sandfilter	
	TDS (PPM)	pH
15	25	6,88
30	20	6,86
45	22	6,85
60	11	6,83
Rata-rata	19,5	6,855
% Rejeksi	65,17857	4,7916

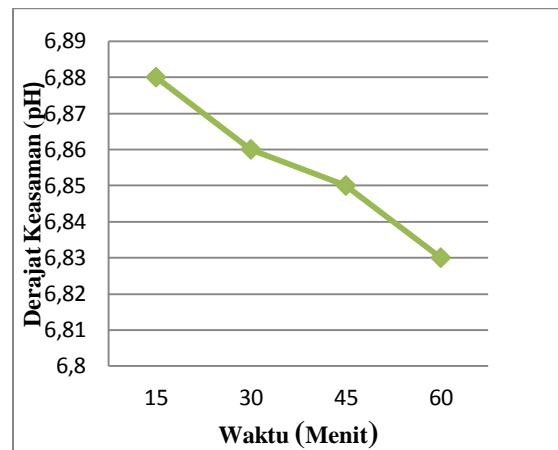
Hubungan Antara TDS terhadap Waktu Operasi (Outlet sandfilter)



Gambar 7. Grafik Hubungan TDS terhadap waktu

Berdasarkan grafik diatas terlihat grafik penurunan nilai TDS yang cukup fluktuatif Dimana pada waktu operasi berjalan 15 menit nilai TDS sebesar 25 ppm kemudian mengalami penurunan dari 25 ppm menjadi 20 ppm pada laju alir 30 menit akan tetapi ketika waktu operasi berjalan 60 menit nilai TDS kembali mengalami peningkatan dari 20 ppm menjadi 22 ppm, kemudian nilai TDS kembali mengalami penurunan pada waktu operasi berjalan selama 60 menit sebesar 11 ppm.

Hubungan Antara PH terhadap Waktu Operasi (Outlet sandfilter)



Gambar 8. Grafik Hubungan antara pH terhadap waktu

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa nilai derajat keasaman (pH) semakin mengalami penurunan sesuai dengan lamanya waktu operasi yang berlangsung, dengan kata lain semakin lama waktu operasi maka nilai pH semakin menurun. Hal ini dapat terlihat ketika waktu operasi berjalan selama 15 menit dimana

pH nya 6,88 kemudian mengalami penurunan menjadi 6,86 ketika waktu operasi berjalan selama 30 menit, hal yang sama juga terjadi ketika waktu operasi berjalan selama 45 menit dan 60 menit dimana nilai pH nya masing-masing 6,85 dan 6,83.

Analisa Ion-Ion Logam

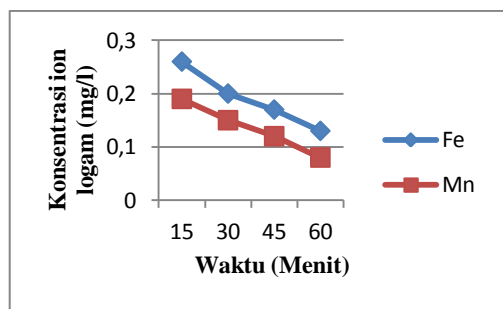
Tabel 4. Data Analisa Ion-Ion Logam (Outlet Sandfilter)

No	Waktu (Menit)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)
1	15	0,26	0,19
2	30	0,20	0,15
3	45	0,17	0,12
4	60	0,13	0,08

Tabel 5. Data Analisa Ion-Ion logam (Outlet Membran)

Laju Alir (LPM)	Waktu (menit)	Outlet Membran	
		Fe (mg/l)	Mn (mg/l)
5	15	0,022	0,060
	30	0,008	0,040
	45	0,009	0,005
	60	0,004	0,003
	15	0,020	0,070
7,5	30	0,009	0,048
	45	0,007	0,015
	60	0,002	0,007

Hubungan Antara Konsentrasi Ion Logam Terhadap Waktu Operasi (Outlet sandfilter)

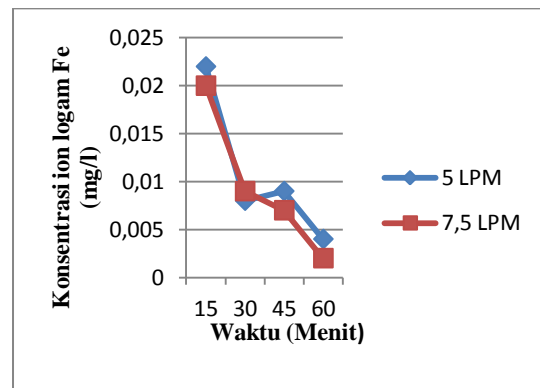


Gambar 9. Grafik Hubungan antara konsentrasi ion logam terhadap waktu

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa konsentrasi ion-ion logam baik Besi (Fe) maupun Mangan (Mn) sama-sama mengalami penurunan yang signifikan. Untuk konsentrasi Fe dimana ketika waktu operasi berlangsung selama 15 menit konsentrasi Fe mencapai 0,26 mg/l dan semakin mengalami penurunan ketika waktu operasi berlangsung selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit dimana masing-masing konsentrasi Fe mencapai 0,20 mg/l, 0,17 mg/l

dan 0,13 mg/l. Hal yang sama juga terjadi pada konsentrasi Mn dimana ketika waktu operasi berlangsung selama 15 menit konsentrasi Mn mencapai 0,19 mg/l dan ketika waktu operasi berjalan selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit konsentrasi Mn sama-sama mengalami penurunan sebesar 0,15 mg/l, 0,12 mg/l, dan 0,08 mg/l. Dengan melihat kondisi diatas dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu operasi berlangsung maka konsentrasi ion-ion logam baik Fe maupun Mn sama-sama mengalami penurunan.

Hubungan Antara Konsentrasi Ion Logam Fe Terhadap Waktu Operasi (Outlet Membran)

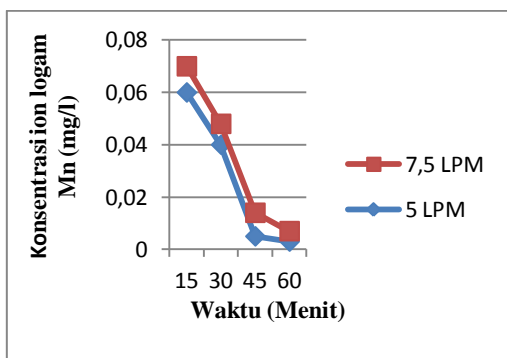


Gambar 10. Grafik Hubungan antara konsentrasi ion logam Fe terhadap waktu

Dari grafik di atas terlihat bahwa konsentrasi ion logam Fe pada laju alir 5 lpm terjadi penurunan yang cukup signifikan walaupun konsentrasinya terkadang naik dan terkadang turun, hal ini dapat terlihat ketika waktu operasi berlangsung selama 15 menit dimana konsentrasi Fe mencapai 0,022 mg/l dan mengalami penurunan sebesar 0,008 mg/l ketika waktu operasi berlangsung selama 30 menit akan tetapi konsentrasi Fe kembali mengalami peningkatan sebesar 0,009 mg/l ketika waktu operasi 45 menit kemudian kembali mengalami penurunan lagi ketika waktu operasi berlangsung selama 60 menit sebesar 0,004 mg/l. Hal yang berbeda terjadi ketika laju alir sebesar 7,5 lpm dimana semakin lama waktu operasi berlangsung maka konsentrasi ion logam Fe semakin mengalami penurunan dari 0,02 mg/l pada waktu operasi 15 menit menjadi 0,009 mg/l pada waktu operasi 30 menit, dan 0,007 mg/l serta 0,002 mg/l pada waktu operasi berlangsung selama 45 menit dan 60 menit.

Hubungan Antara Konsentrasi Ion logam Mn Terhadap Waktu Operasi (Outlet Membran)

Dari grafik di atas terlihat bahwa konsentrasi ion logam Mn semakin mengalami penurunan baik pada laju alir 5 lpm maupun pada laju alir 7,5 lpm. Ketika laju alir 5 lpm pada waktu operasi berlangsung selama 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit dimana masing-masing konsentrasi Mn mencapai 0,060 mg/l, 0,04 mg/l, 0,005 mg/l, dan 0,003 mg /lt. Hal yang sama juga terjadi ketika laju alir sebesar 7,5 lpm dimana ketika waktu operasi berlangsung selama 15 menit konsentrasi Mn mencapai 0,07 mg/lt kemudian mengalami penurunan sebesar 0,048 mg/lt pada waktu operasi berlangsung selama 30 menit begitu juga pada waktu operasi berlangsung selama 45 menit dan 60 menit dimana masing-masing konsentrasi Mn mencapai 0,015 mg/lt dan 0,007 mg/lt. Dengan kata lain semakin lama waktu operasi berlangsung maka konsentrasi Mn semakin mengalami penurunan.

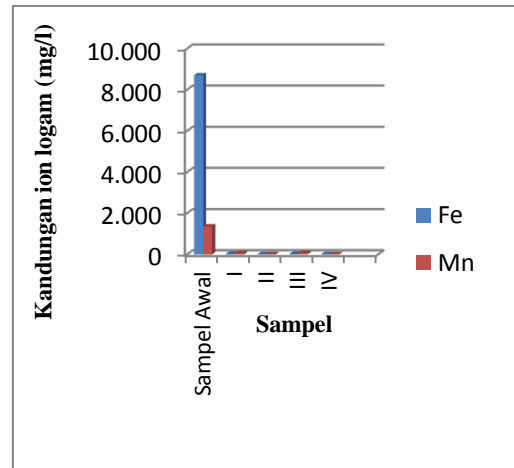


Gambar 11. Grafik Hubungan antara konsentrasi ion logam Mn terhadap waktu

Tabel 6. Data Analisa Ion-Ion Logam Terhadap Sampel Awal

Komposisi Membran (Sampel)	Ion-ion logam	
	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)
Sampel awal	8,70	1,36
I = T ₁ V ₁ (15 menit, 5 lpm)	0,022	0,060
II = T ₁ V ₁ (45 menit, 5 lpm)	0,009	0,005
III = T ₂ V ₂ (15 menit, 7,5 lpm)	0,020	0,07
IV = T ₂ V ₂ (45 menit, 7,5 lpm)	0,007	0,015

Berikut adalah Gambar hasil analisa logam



Gambar 12. Grafik Penurunan Kandungan Ion Logam Fe dan Zn

Dari grafik diatas terlihat bahwa ion-ion logam dari output membran mengalami penurunan yang sangat signifikan bila dibandingkan dengan kandungan ion logam pada sampel awal. Khususnya pada kandungan Besi (Fe) yang mengalami penurunan yang tinggi, dimana kandungan besi pada sampel awal yaitu 8,7 mg/l yang melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan terkandung di dalam air yaitu 0,3 mg/l menjadi 0,022 mg/l pada sampel I, 0,009 mg/l pada sampel II, 0,020 mg/l pada sampel III dan 0,007 mg/l pada sampel IV.

Sama halnya dengan kandungan Mangan (Zn) yang juga mengalami penurunan yang signifikan dari kandungan ion logam pada sampel awal. Dimana kandungan mangan (Mn) pada sampel awal yaitu 1,36 mg/l yang melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan terkandung di dalam air yaitu 0,1 mg/l menjadi 0,060 mg/l pada sampel I, 0,005 pada sampel II, 0,07 pada sampel III, dan 0,015 pada sampel IV.

Filter membran keramik dengan komposisi tanah liat dan zeolit (70% :30%) dengan 100-200 nm mampu menurunkan konsentrasi parameter yang melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan dari air sumur awal. Hal ini terlihat dari turunnya kandungan ion logam besi (Fe), mangan (Mn), TDS dan juga menetralkan pH. Penurunan kandungan ion logam besi (Fe), mangan (Mn), TDS dan juga pH dikarenakan adanya proses filtrasi yang terjadi pada membran keramik. Proses filtrasi yang dimaksud adalah partikel-partikel dengan diameter yang lebih besar dari ukuran pori membran akan tertahan pada permukaan membran. Selain proses filtrasi terjadi juga proses adsorpsi yang disebabkan karena adanya tumbukan partikel-partikel dengan zeolit.

Semakin banyak pori-pori yang ada pada filter keramik maka semakin luas permukaan, sehingga semakin efektif untuk digunakan menyerap zat pencemar, karena adsorpsi merupakan fenomena fisik yang menyangkut permukaan suatu material maka adsorban yang baik harus berupa struktur berpori yang memiliki permukaan cukup luas.

Dari tabel persentase rejeksi TDS dan pH diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa pada laju alir 5 liter/menit dan 7,5 liter/menit membran keramik memiliki perentase rejeksi pH dengan rata-rata sebesar 4,375 % dan 3,125 %. Hal ini berbeda pada sandfilter yang berisi pasir silica, zeolit dan karbon aktif, yang memiliki persentase rejeksi pH sebesar 4,7916 %. Persentase rejeksi pH membran keramik yang diperoleh sudah dapat memenuhi syarat baku mutu air bersih yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tertanggal 19 April 2010 yang berisi tentang persyaratan kualitas air yang layak untuk digunakan maupun untuk dikonsumsi.

Nilai TDS yang dihasilkan juga mengalami penurunan yang sangat signifikan baik pada laju alir 5 liter/menit maupun 10 liter/menit. Permeat dari membran keramik yang dihasilkan pada laju alir 5 liter/menit maupun 10 liter/menit mengalami persentase rejeksi rata-rata sebesar 89,28571 % dan 84,3750 %, sedangkan persentase rejeksi pada sand filter yang berisi pasir silica, zeolit dan karbon aktif dapat menurunkan TDS sebesar 65,17857 %

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa filter membran keramik dapat digunakan untuk mengolah air sumur menjadi air yang memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Hal ini dikarenakan hasil yang diperoleh dari penelitian menunjukkan persentase rejeksi kandungan ion logam berat Besi (Fe), Mangan (Mn), pH dan TDS yang cukup tinggi dan sesuai standar air bersih.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kinerja membran keramik yang dibuat dari campuran tanah liat dan zeolit cukup efektif dalam menghasilkan permeat dengan kualitas yang baik. Hal ini tercermin dalam penurunan kandungan ion logam besi (Fe) dalam air sumur mencapai 99,98% serta kandungan ion logam

mangan (Mn) mencapai 99,78% diikuti dengan penurunan TDS yang mencapai 90,90 % dari TDS awal air sumur sebelum diolah.

2. Volume permeat, laju alir dan waktu operasi mempengaruhi dalam penentuan nilai pH, TDS, kandungan logam besi (Fe), logam Mangan (Mn) dan fluks.
3. Membran keramik dapat digunakan sebagai solusi alternatif dalam pengolahan air sumur menjadi air bersih yang layak untuk digunakan.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari kondisi operasi optimum pengolahan air menggunakan membran, antara lain tekanan dan *life time* (umur pakai) membran.
2. Perlu dilakukan analisa uji porositas untuk melihat struktur filter keramik dan uji kuat tekan untuk mengetahui kekuatan filter keramik.
3. Perlu ditambahkan unit sterilisasi dengan sinar ultraviolet untuk tahap selanjutnya agar air yang dihasilkan dapat langsung siap untuk diminum.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhave, R.R. 1991. Inorganic Membrane Synthesis Characteristic and Applications. Van-Nostrand-Reinhold. France.
- Dickenson, Christopher. 1992. Filters and Filtration Handbook. Elsevier Science Publishers LTD. United States of America.
- Effendi, Hefni. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta.
- Idaman Said Nusa. 1999. Pengolahan Air Sumur Untuk Kebutuhan Air Minum. Jakarta.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2010. Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Noble, R. D and S. A. Stern. 1995. Membrane Separations Technology, Principles and Applications. Elsevier Science B. V.
- Pontius, Frederick W. 1990. Water Quality and Treatment. McGraw-Hill, Inc. United States of America.
- Richard J. Ciora, Jr.* and Paul K.T. Liu. Ceramic Membranes for Environmental Related Application. Media and Process Technology Inc. 1155 William Pitt Way Pittsburgh, PA 15238.

Sugiharto.2008. Dasar–dasar Pengelolaan Air
Limbah.Universitas Indonesia. Jakarta.
Wagner, Jorgen, B. Sc. 2001. Membrane
Filtration Handbook. Osmonics, Inc.