

Desain Sistem Pengolahan Air Layak Konsumsi Dengan Aplikasi Membran Ultrafiltrasi Termodifikasi

Miftahul Djana^{1*)}, Rizka Mayasari¹⁾, Rosalia Dwi Werena¹⁾, Hasrul Anwar¹⁾

¹⁾Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Lampung

^{*)}Correspondence email: miftahul.djana@eng.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini merupakan pengembangan proses dari penelitian sebelumnya dengan capaian evaluasi kualitas air dengan parameter fisika dan kimia dari beberapa sampel sumur bor di Perumahan Griya Saka Hajimena yang tidak memenuhi standar baku mutu air bersih dan air minum. Air sumur bor merupakan sumber air utama yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari di daerah tersebut dengan kondisi jauh dari layak untuk dikonsumsi sehingga perlu dilakukan perbaikan kualitas dari air sumur bor tersebut. Penelitian ini merancang dan membangun prototipe pengolahan air layak konsumsi dengan membran ultrafiltrasi termodifikasi, yang berfungsi untuk mengolah air sumur bor menjadi air layak konsumsi. Desain pengolahan air terdiri atas unit pretreatment dan unit ultrafiltrasi. Unit pretreatment meliputi pompa air baku, pompa dosing, bag filter dan tangki penampung air baku, sedangkan unit ultrafiltrasi terdiri atas membran ultrafiltrasi, Housing membran ultrafiltrasi, pompa, pompa dosing, tangki penampung air olahan dan membran ultrafiltrasi. Dari hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa rata-rata air sumur bor daerah Perumahan Griya Saka memiliki kandungan yang tinggi akan logam berat dan kandungan e-coli sehingga tidak layak untuk digunakan sebagai air bersih. Kualitas air bersih yang dihasilkan telah memenuhi baku mutu air bersih yang telah ditetapkan dengan parameter fisika dan kimia menunjukkan tidak ada bau, total zat padat terlarut (TDS) sebesar 52 mg/L, kekeruhan 2 NTU, warna 0,14 TCU, suhu 22,1°C, dan pH 7,87. Lebih lanjut kesadahan, besi, mangan, zat organik, dan total fosfat, serta total bakteri koliform (negatif) menunjukkan di bawah baku mutu air bersih dan air minum.

Kata Kunci: air baku mutu, adsorben, air sumur bor, membran ultrafiltrasi termodifikasi, zeolit

PENDAHULUAN

Air merupakan zat yang paling penting dalam kehidupan setelah udara. Sekitar tiga per empat bagian dari tubuh kita terdiri dari air dan tidak seorangpun dapat bertahan hidup lebih dari empat sampai lima hari tanpa minum air. Sebagian besar kondisi masyarakat Indonesia masih bermasalah dengan air bersih.. Gusdi et al., (2017) “Air bersih merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi masyarakat. Sampai saat ini masalah air bersih masih banyak dijumpai baik di daerah perkotaan maupun di daerah pedesaan”. Masyarakat pada umumnya memanfaatkan air sumur untuk kebutuhan makan minum dan kegiatan MCK. Namun sebagian besar kualitas inputan sumber air dari sumur belum sesuai dengan standar yang ada. Hal ini akan sangat mengganggu kesehatan masyarakat kalau dikonsumsi secara jangka panjang (ekonomi, sosial dan juga budaya). Hajimena merupakan salah satu kelurahan yang terletak di Kecamatan Natar, Lampung Selatan. Di kelurahan Hajimena tepatnya Jalan Kramat Jaya ini sudah banyak dibangun Perumahan dengan fasilitas sumur bor di dalamnya.

Perumahan Griya saka merupakan salah satu dari beberapa perumahan di Hajimena. Perumahan Griya Saka dahulunya merupakan rawa, dimana berdasarkan hasil penelitian sebelumnya mengenai evaluasi kualitas air perumahan tersebut, airnya berwarna kekuningan sampai kemerahan, cenderung keruh dan berminyak, pH rendah, terdapat kandungan logam berat yaitu Nitrat, Besi, dan Mangan sehingga air sumur jika diendapkan akan menimbulkan endapan berbau (Djana, 2023). Oleh sebab itu perlu adanya pengolahan air sumur sebelum dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Dampak dari hal ini, masyarakat harus membuat filter air secara manual guna menyaring air namun tidak efisien. Salah satu teknologi pengolahan air bersih di pedesaan yang banyak diterapkan di

Indonesia adalah teknologi saringan pasir lambat (sarpalam) konvensional aliran dari atas ke bawah (down flow). Penjernihan air secara konvensional biasanya memiliki keterbatasan seperti drum pengendapan dan drum penyaring harus selalu dibersihkan, jika aliran air yang keluar kurang lancar. Bahan-bahan yang digunakan seperti ijuk, kerikil, potongan bata, pasir harus dicuci bersih, kemudian dijemur sampai kering, arang tempurung biasanya paling lama 3 bulan sekali harus diganti dengan yang baru dan tidak bisa digunakan untuk menyaring air yang mengandung bahan-bahan kimia seperti air buangan dari pabrik, karena cara ini hanya untuk menyaring air keruh, tapi bukan menyaring air yang mengandung zat kimia tertentu. (Herman, 2018). Bahkan hasil dari filter tersebut air menjadi jernih tetapi masih berbau serta pH, TDS, dan juga kandungan e-coli dan total coliform di dalamnya masih tergolong tinggi, sehingga dengan penggunaan filter tersebut terbatas pada penggunaan untuk sehari-hari dan belum layak untuk konsumsi.

Dalam rangka meningkatkan kebutuhan dasar masyarakat mengenai kebutuhan akan air bersih yang layak konsumsi, maka perlu diusahakan proses pengolahan dan pengelolaan air yang sesuai dengan karakteristik keadaan sekitar. Karakteristik utama yang perlu diperhatikan adalah sumber air baku yang tersedia serta pemilihan teknologi yang sesuai. Begitu banyak teknologi pengolahan air minum (water treatment) yang telah dilakukan, namun masih ditemukan bermacam kendala yang berakibat pada tuntutan perbaikan, seperti : biaya yang relatif mahal, mekanisme yang statis (diam di tempat), energi pengolahan yang besar dan lain-lain.

Berdasarkan fakta yang telah terdapat pada penelitian-penelitian sebelumnya, maka, pada penelitian ini akan dilakukan solusi terhadap permasalahan air dari penelitian sebelumnya dengan capaian pengolahan air bersih layak konsumsi sesuai dengan standar dari No.492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Salah satu teknologi yang berhasil menjernihkan dan mengurangi kadar logam pada air sumur bor sesuai dengan baku mutu yang disyaratkan adalah teknologi membran ultrafiltrasi.

Teknologi membran ultrafiltrasi memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat memisahkan spesifikasi kimia secara spesifik, beroperasi pada suhu ambient, tidak destruktif, hemat energi, dan tidak mencemari lingkungan, namun teknologi yang diterapkan memiliki kelemahan bahwa tidak bisa menyerap logam berat secara sempurna serta tidak praktis dan tidak bisa dipindah-tempatkan. Pengolahan air baku berbasis membran dapat dikombinasikan dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben.

Pengolahan air khususnya untuk keperluan air minum tidak dapat sepenuhnya mengeliminasi ion logam terlarut seperti besi dan mangan (Chaturvedi dan Dave, 2012). Dengan adanya kelemahan dari pengolahan air dengan membran ultrafiltrasi, maka dalam penelitian digunakan teknologi membran ultrafiltrasi termodifikasi dimana terdapat pengolahan pendahuluan (pretreatment) antara lain dengan menggunakan adsorben flyash-zeolit. Teknologi yang diaplikasikan terdiri dari rangkaian modul membran, empat buah filter adsorben, dan pompa sehingga prosesnya sederhana, praktis, mudah dioperasikan, dan mudah dipindah-tempatkan (portable).

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Djana, 2023) mengenai Evaluasi Kualitas Air pada Perumahan Griya Saka Hajimena, terdapat beberapa data dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa terdapat 5 sampel dengan total 6 sampel dari sumur bor yang tidak memenuhi syarat air bersih sesuai dengan standar baku mutu No.492/MENKES/PER/IV/2010 mengenai kualitas air bersih dan air minum, dimana hasil pengukuran secara fisik dan kimia diuraikan pada tabel di bawah ini:

Membran Ultrafiltrasi

Membran ultrafiltrasi merupakan salah satu jenis membran filtrasi yang mampu memisahkan komponen dengan berat molekul tinggi dan rendah. Aliran umpan mengalir disepanjang permukaan membran secara tangensial dimana proses pemisahan membran ini melewati komponen dengan berat molekul rendah, sedangkan komponen dengan berat molekul tinggi seperti makro molekul, polisakarida, dan protein akan ditahan. Hal ini terjadi karena jenis membran ini termasuk berpori. Namun, struktur membrannya lebih asimetris bila dibandingkan dengan jenis membran lainnya seperti mikrofiltrasi. Pada umumnya membran ultrafiltrasi digunakan untuk pemisahan makromolekul dan koloid dalam suatu larutan atau lebih tepatnya memisahkan partikel dengan ukuran pori berkisar 0,01 mikrometer sampai 1 nanometer sehingga mampu diaplikasi secara cukup luas khususnya pengolahan air untuk menghilangkan kekeruhan, padatan tersuspensi, bakteri coliform, cryptosporidium oocysts, algae, giardia lamblia cycts, pyrogens, dan viruses (Madaeni, 1999; Lerch dkk, 2005).

Proses membran ultrafiltrasi telah lama diaplikasikan dalam bidang medis untuk menyisihkan bakteri dan virus. Saat ini, desain terbaru modul hollow fiber ultrafiltrasi memungkinkan pengolahan yang ekonomis untuk mengolah air tambak. Membran ultrafiltrasi hollow fiber dapat menghilangkan hampir 100% koloid, virus, bakteri, dan material partikulat penyebab kekeruhan namun di sisi lain tetap mampu melewatkan mineral (Wenten, 2004). Saat ini, proses membran dengan tekanan gaya dorong telah tampil sebagai alternatif pengolahan air minum untuk penyisihan bahan organik alami yang terdapat dalam air (Lee dkk, 2004; Lee dkk, 2001; Yuan dan Zidney, 1999).

Membran hidrofobik mikro untuk air limbah tekstil telah ditinjau dan didiskusikan secara ekstensif. Banyak penelitian mencoba menggunakan membran polivinilidena fluorida (PVDF) untuk memisahkan air limbah tekstil. Menggunakan membran hidrofobik, air limbah tekstil biasanya diproduksi sebagai permeat. Sedangkan membran hidrofilik dapat menghasilkan air yang bebas lemak dan kandungan bahan organik yang merembes. Membran PVDF telah dimodifikasi dengan perlakuan kimia untuk mendapatkan polimer yang berfungsi sesuai untuk persiapan membran dengan meningkatkan hidrofilisitas dan ketahanan terhadap pengotoran. Hasil penelitian ini menghasilkan permukaan luar PVDF membran berongga. Hasil dari analisis AFM mengungkapkan bahwa permukaan membran tidak mulus dan struktur seperti nodul dan agregat nodul terbentuk pada permukaan membran PVDF. Derajat kekasaran permukaan (Ra) dihasilkan masing-masing sebagai 12,28 nm, 18,65 nm dan 20,58 nm untuk PVDF dengan 3% TiO₂, PVDF dengan 5% TiO₂ dan PVDF dengan 10% TiO₂. Hal ini dapat meningkatkan fluks mencapai 142,92 L/ m²h dengan pengurangan persentase COD sebesar 90,08%, BOD sebesar 85,92% dan TOC sebesar 92,34%. (Yuliwati, 2021)

Pembuatan membran ultrafiltrasi dari polimer asetat yang dikombinasikan dengan metode inversi fasa pada penelitian Agus Mirwan, Vera Indriyani, Yunita Novianty pada tahun 2017 menunjukkan efisiensi penurunan parameter pH, TDS, dan TSS pada air gambut. Namun kendala pada penelitian membran ini yaitu adanya fouling, penggunaan membran secara terus menerus dapat mengurangi efisiensi kinerja membran karena adanya penyumbatan. Semakin lama waktu operasi maka alur pola fluks semakin turun dikarenakan fouling pada permukaan membran.

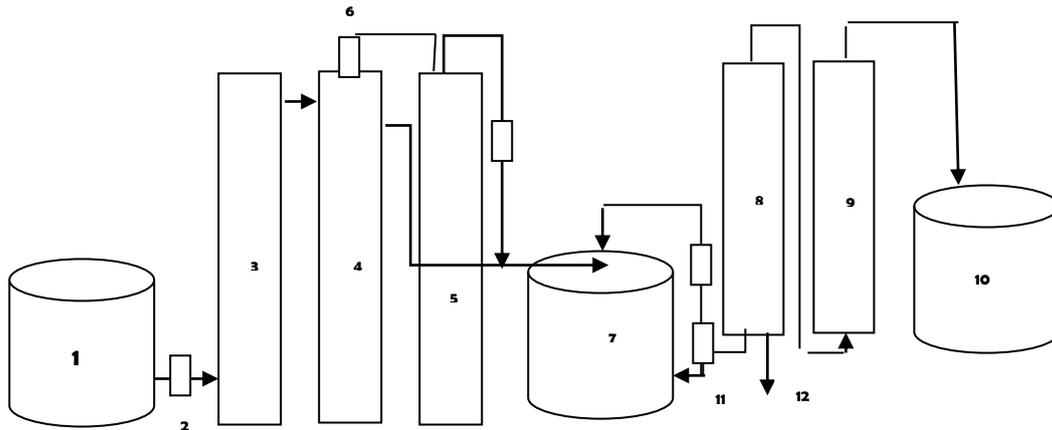
Penelitian lainnya mengenai membran ultrafiltrasi yang dilakukan oleh (Rahmawati., et al, 2021) tentang Pengolahan Air Unit Ultrafiltrasi pada Instalasi Pengolahan Air PDAM Sidoarjo. Penggunaan membran ultrafiltrasi sudah memenuhi standar baku persyaratan air minum Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, namun penggunaan unit ultrafiltrasi menghasilkan hasil olahan yang setara dengan unit konvensional yaitu penurunan TDS yang rendah sehingga rekomendasi perlu adanya

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air sampel dari 6 sumur bor di Perumahan Griya Saka, flyash, zeolite dan bentonite dengan ukuran partikel rata-rata 20mesh, aquades, dan air.

Di dalam penelitian ini terdapat dua treatment yaitu persiapan awal dan pembuatan adsorben. Diawali dengan pengambilan sampel air sumur bor dengan dua kondisi, yaitu secara langsung dan terendap selama kurang lebih 24 jam, secara langsung disini adalah air diambil dari sumur bor dan langsung dites kadar airnya, sedangkan diendapkan maka air tersebut dilakukan pengetesan setelah terendap selama 24 jam. Kemudian pembuatan Adsorben yaitu pembuatan kolom adsorben dirancang berbentuk tube yang terbuat dari bahan fiber. Terlebih dahulu fly-ash dihomogenisasi dengan aquades dan diaduk kemudian dipanaskan pada suhu 110°C selama 1 jam dan dimasukkan dalam kolom adsorben yang terbuat dari fiber. Zeolit dengan ukuran partikel 20 mesh sebanyak 40 kg diaktivasi dengan HCl 0,1N, dicuci dengan aquades dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu 300°C dan dimasukkan ke dalam kolom adsorben. Langkah terakhir adalah analisa hasil dimana adanya penentuan parameter uji dilakukan dengan menganalisis hasil evaluasi kualitas air dari sumur bor pada penelitian sebelumnya yang melebihi baku mutu air minum sesuai No.492/MENKES/PER/IV/2010, diantaranya adalah pH, kekeruhan, TDS, TSS, kandungan e-coli, besi dan mangan, serta total coliform. Pengaplikasian teknologi membran ultrafiltrasi termodifikasi dengan pretreatment awal dapat menurunkan kadar masing-masing parameter sehingga sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Prosedur Penelitian



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. Tangki Umpan | 7. Tangki Filtrat |
| 2. Pompa Sentrifugal | 8. Membran Ultrafiltrasi |
| 3. Sand Filter | 9. Tabung Ultraviolet |
| 4. Kolom Adsorben Flyash | 10. Tangki Permeat |
| 5. Kolom Zeolit | 11. Pompa Sentrifugal |
| 6. Valve | 12. Konsentrat |

Adapun tahap-tahap penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan awal Pengambilan sampel air sumur bor dengan dua kondisi, yaitu secara langsung dan terendap selama kurang lebih 24 jam.
2. Pembuatan Adsorben Kolom adsorben dirancang berbentuk tube yang terbuat dari bahan fiber. Terlebih dahulu fly-ash dihomogenisasi dengan aquades dan diaduk kemudian dipanaskan pada suhu 110°C selama 1 jam dan dimasukkan dalam kolom adsorben yang terbuat dari fiber. Zeolit dengan ukuran partikel 20 mesh sebanyak 40 kg diaktivasi dengan HCl 0,1N, dicuci dengan aquades dan dipanaskan selama 2 jampada suhu 300°C dan dimasukkan ke dalam kolom adsorben
3. Analisa Hasil Penentuan parameter uji dilakukan dengan menganalisis hasil evaluasi kualitas air dari sumur bor pada penelitian sebelumnya yang melebihi baku mutu air minum sesuai No.492/MENKES/PER/IV/2010, diantaranya adalah pH, kekeruhan, TDS, TSS, kandungan e-coli, besi dan mangan, serta total coliform. Pengaplikasian teknologi membran ultrafiltrasi termodifikasi dengan pretreatment awal dapat menurunkan kadar masing-masing parameter sehingga sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan
4. Sebanyak 30 kg fly-ash dihomogenisasi dengan aquades dan diaduk kemudian dipanaskan pada suhu 110°C selama 1 jam. Setelah proses homogenisasi, campuran tersebut dimasukkan dalam kolom adsorben I yang terbuat dari fiber. Zeolit dengan ukuran partikel 20 mesh sebanyak 30 kg diaktivasi dengan HCl 0,1N, dicuci dengan aquades dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu 300°C, kemudian dimasukkan ke dalam kolom adsorben II yang terbuat dari fiber.
5. Air sumur bor ditampung dalam tangki air umpan dan dipompakan ke kolom adsorben dengan laju alir konstan yaitu 10 L/menit. Filtrat dari kolom adsorbsi diambil setiap 15 menit untuk analisis pH, turbiditas, dan kandungan logam Nitrat, Fe serta Mn. Filtrat dari kolom adsorben ditampung dalam tanki lalu dipompakan ke membran UF dengan laju alir konstan. Permeat dari UF kemudian

diambil sebanyak 200 mL untuk dianalisis setiap 15 menit. Semua eksperimen dilakukan pada suhu ruang (28°C-30°C).

Spesifikasi unit membran ultrafiltrasi adalah:

Membran Ultrafiltrasi Spesifikasi :

| | |
|---------------------------|--|
| Design flux | : 40-120 l/m ² /jam |
| Filter type | : dead-end or cross-flow filtration |
| Effective membran area | : 4 m ² |
| Material and type | : PES ,PS ,PVC,PAN inside out pressure |
| Max inflow pressure | : 0.3 mpa |
| Highest water temperature | : 40°C |
| Color | : white |
| Backwash pressure | : <0.2 mpa |
| Backwash flow | : 100-200 L/m ² /Jam |
| Ukuran | : Panjang : 40 inch (1.016mm) |
| Diameter | : 4.0 inch (102mm) |
| Durasi | : 24 jam |

Kapasitas yang di tentukan = 20 m³ /H

| | |
|------------------------|---|
| Flux di tentukan | = 100 flux |
| Kapasitas | = filux x durasi x membrane area |
| Kapasitas | = 100 l/ m ² /jam x 24 jam x 4 m ² = 9600 l /h = 9.6 m ³ |
| Membran yg di butuhkan | = 20 m ³ /H : 9.6 = 2 bh |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis situasi dan permasalahan yang dihadapi, maka kegiatan ini diarahkan untuk menerapkan teknologi pengolahan air bersih layak konsumsi yang sangat bermanfaat bagi masyarakat. Teknologi membran ultrafiltrasi termodifikasi yang dipilih berdasarkan pertimbangan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan teknologi konvensional diantaranya mampu memisahkan spesi kimia secara spesifik, beroperasi pada suhu rendah (ambient), prosesnya tidak destruktif, hemat energi, tidak mencemari lingkungan, sederhana, praktis, mudah dioperasikan (Ibrahim dkk, 2011), dan mudah dipindah-tempatkan (mobile).

Dari hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa rata-rata air sumur bor daerah Perumahan Griya Saka memiliki kandungan yang tinggi akan logam berat dan kandungan e-coli sehingga tidak layak untuk digunakan sebagai air bersih, dan apabila tetap digunakan dalam kebutuhan sehari-hari maka akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan. Gambaran teknologi membran ultrafiltrasi termodifikasi berjenis hollow fibre UF membrane 0,01 µm. Peralatan teknologi membran ultrafiltrasi termodifikasi terdiri dari modul membran keramik dan membran ultrafiltrasi, pompa, filter awal berbahan kain, pipa pvc ukuran 0,5 in, stop valve, dan rangka besi dengan dimensi 160 cm x 40 cm x 70 cm, serta dirancang agar mudah dipindah-tempatkan (mobile). Prosedur penggunaan rangkaian alat ini terdiri dari dua proses, yaitu proses filtrasi untuk menghasilkan air bersih layak konsumsi dan proses pencucian balik (backwash) modul membran untuk menghilangkan kotoran yang berada dipermukaan membran agar memiliki umur pemakaian yang lama. Pada proses filtrasi, air umpan berupa air sumur bor dialirkan dengan pompa untuk dilewatkan ke filter awal dan selanjutnya dialirkan ke kolom adsorben dan modul membran ultrafiltrasi sehingga secara langsung diperoleh air bersih yang layak konsumsi. Proses ini berlangsung hingga fluk air bersih yang dihasilkan tetap konstan. Sedangkan proses pencucian balik dilakukan dengan mengalirkan air bersih yang dihasil

Tabel 1. Hasil Penelitian Kualitas Air di Perumahan Griya Saka

| No. | Parameter Pengujian | Hasil | Satuan | Acuan Standar Baku Mutu |
|-----------------|-----------------------------|----------------|----------|-------------------------|
| Sampel 1 | | | | |
| 1 | Bau | Berbau | | Tidak Berbau |
| 2 | Zat Padat Terlarut (TDS) | 580 | Ppm | 500 |
| 3 | Warna | 19 | Pt-Co | 15 |
| 4 | Kekeruhan | 8 | FAU | 5 |
| 5 | Besi (Fe) | 0,65 | Mg/L | 0,3 |
| 6 | Mangan (Mn) | 0,73 | Mg/L | 0,4 |
| 7 | Nitrat N (NO ₃) | 64 | Mg/L | 50 |
| 8 | Total Coliform | 16 | Per100ml | 10 |
| Sampel 2 | | | | |
| 1 | Bau | Sedikit Berbau | | Tidak Berbau |
| 2 | Zat Padat Terlarut (TDS) | 520 | Ppm | 500 |
| 3 | Warna | 16 | Pt-Co | 15 |
| 4 | Kekeruhan | 6 | FAU | 5 |
| 5 | Besi (Fe) | 0,43 | Mg/L | 0,3 |
| 6 | Mangan (Mn) | 0,56 | Mg/L | 0,4 |
| 7 | Nitrat N (NO ₃) | 54 | Mg/L | 50 |
| 8 | Total Coliform | 12 | Per100ml | 10 |
| Sampel 3 | | | | |
| 1 | Bau | Sedikit Berbau | | Tidak Berbau |
| 2 | Zat Padat Terlarut (TDS) | 515 | Ppm | 500 |

melalui proses filtrasi agar kotoran atau partikel-partikel padatan yang menempel dipermukaan modul membran dapat terlepas dan hilang akibat adanya dorongan air bersih dari dalam modul membran.

Hasil proses pengolahan air sumur bor menjadi air layak konsumsi

Analisis kualitas air layak konsumsi yang dihasilkan melalui proses membran ultrafiltrasi termodifikasi meliputi parameter fisika (bau, total zat padat terlarut (TDS), kekeruhan, warna, suhu, daya hantar listrik (DHL)) dan parameter kimia (kesadahan (CaCO), pH, zat organik. Pada Tabel 2 menunjukkan proses pengolahan air sumur bor menjadi air layak konsumsi. Hasil Uji Air dengan menggunakan rancangan teknologi membran ultrafiltrasi termodifikasi.

Dari hasil yang ditunjukkan pada Tabel 3, terlihat bahwa air bersih hasil dari kolom adsorben telah memenuhi standard air bersih secara uji fisika dan kimia tetapi masih kurang memenuhi syarat secara hasil uji mikrobiologi. Hal ini dikarenakan kolom adsorben yang digunakan tidak kontinyu digunakan, sehingga sebagai filter biologi belum bekerja maksimal dalam menyaring bakteri pathogen.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan mikrobiologi air bersih (air sumur bor) dan air sumur bor yang telah melalui proses filtrasi pada kolom adsorben

| No. | Contoh Air | Total Koliform (Juml per-100ml) | Batas Maksimum |
|-----|--|---------------------------------|----------------|
| 1 | Air Bersih (Air Sumur Bor) | >2000ml | 50 |
| 2 | Air Bersih (Air Sumur Bor) setelah melewati kolom adsorben | >240 | 10 |

Tabel 3. Hasil pengujian air bersih hasil pengolahan air sumur bor lewat kolom adsorben

| No. | PARAMETER | METODE | SATUAN | HASIL | BAKU MUTU AIR BERSIH |
|----------------|---------------------------------|------------------|-----------|--------|----------------------|
| FISIKA | | | | | |
| 1. | Bau | Organoleptis | - | Normal | - |
| 2. | Jumlah zat padat terlarut (TDS) | Gravimetri | Mg/L | 310.0 | 1500 |
| 3. | Kekeruhan | Turbidimetri | Skala NTU | 0.28 | 25 |
| 4. | Rasa | Organoleptis | - | Normal | - |
| 5. | Suhu | Elektrometri | °C | 24.1 | Suhu Udara 3°C |
| 6. | Warna | Nephelometri | Skala TCU | 0,0 | 50 |
| KIMIAMI | | | | | |
| 1. | Air raksa | AAS | mg/L | 0.000 | 0.001 |
| 2. | Arsen | AAS | mg/L | 0.000 | 0.05 |
| 3. | Besi | AAS | mg/L | 0.120 | 1.0 |
| 4. | Fluorida | Spektrofotometri | mg/L | 0.019 | 1.5 |
| 5. | Kadmium | AAS | mg/L | 0.000 | 0.005 |
| 6. | Kesadahan sbg CaCO ₃ | Titrimetri | mg/L | 196.40 | 500.0 |
| 7. | Khlorida | Titrimetri | mg/L | 63.90 | 600.0 |
| 8. | Kromium Valensi 6 | Spektrofotometri | mg/L | 0.000 | 0.05 |
| 9. | Mangan | AAS | mg/L | 0.054 | 0.50 |
| 10. | Nitrat | Spektrofotometri | mg/L | 2.967 | 10.0 |
| 11. | Nitrit | Spektrofotometri | mg/L | 0.013 | 1.0 |
| 12. | pH | Elektrometri | - | 8.21 | 6.5-9.0 |
| 13. | Selenium | AAS | mg/L | - | 0.01 |
| 14. | Seng | AAS | mg/L | 0.019 | 15.0 |
| 15. | Sianida | AAS | mg/L | 0.000 | 0.10 |
| 16. | Sulfat | Spektrofotometri | mg/L | 25.155 | 400 |
| 17. | Timbal | AAS | mg/L | 0.027 | 0.05 |
| 18. | Detergen | Spektrofotometri | mg/L | 0.000 | 0.5 |
| 19. | Zat organik | Titrimetri | mg/L | 4.309 | 10 |

Hasil pengujian air yang telah melalui membran ultrafiltrasi ditunjukkan oleh Tabel 4, Hasilnya menunjukkan bahwa air layak konsumsi yang dihasilkan memenuhi standard secara mikrobiologi dan uji fisika dan kimia.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan mikrobiologi pengujian air sumur bersih dari air sumur bor yang telah melalui kolom adsorben dan membran ultrafiltrasi

| No. | Macam Pemeriksaan | Hasil | Batas Maksimum | Keterangan |
|-----|-------------------------|---------|-----------------|------------|
| 1. | ALT (jumlah koloni/ml) | 0 | 10 ² | Normal |
| 2. | MPN Coliform/100ml | 0 | <3 | |
| 3. | Eschericia Coli | Negatif | Negatif | 0.28 |
| 4. | Clostridium perfringens | Negatif | Negatif | Normal |
| 5. | Salmonella | Negatif | Negatif | 24.1 |

Tabel 5. Hasil pemeriksaan fisika dan kimia pengujian air sumur bersih dari air sumur bor yang telah melalui kolom adsorben

| No. | Parameter | Metode | Satuan | Hasil | Baku Mutu Air Minum |
|------------|---------------------------------|------------------|-----------|----------------|---------------------|
| a. Fisika | | | | | |
| 1. | Bau | Organoleptis | - | Normal | - |
| 2. | Jumlah zat padat terlarut (TDS) | Gravimetri | mg/L | 52.0 | 500 |
| 3. | Kekeruhan | Turbidimetri | Skala NTU | 0.14 | 5 |
| 4. | Rasa | Organoleptis | - | Normal | - |
| 5. | Suhu | Elektrometri | °C | 22.1 | Suhu Udara 3°C |
| 6. | Warna | Nephelometri | Skala TCU | 0,00 | 15 |
| b. Kimiawi | | | | | |
| 1. | Aluminium | AAS | mg/L | Tdk terdeteksi | 0.2 |
| 2. | Arsen | AAS | mg/L | Tdk terdeteksi | 0.01 |
| 3. | Besi | AAS | mg/L | 0.120 | 10.3 |
| 4. | Fluorida | Spektrofotometri | mg/L | 0.074 | 1.5 |
| 5. | Kadmium | AAS | mg/L | Tdk terdeteksi | 0.003 |
| 6. | Kesadahan sbg CaCO ₃ | Titrimetri | mg/L | 22.58 | 500.0 |
| 7. | Khlorida | Titrimetri | mg/L | 5.48 | 250.0 |
| 8. | Kromium Valensi 6 | Spektrofotometri | mg/L | Tdk terdeteksi | 0.05 |
| 9. | Mangan | AAS | mg/L | 0.054 | 0.4 |
| 10. | Nitrat | Spektrofotometri | mg/L | 2.967 | 50.0 |
| 11. | Nitrit | Spektrofotometri | mg/L | 0.013 | 3.0 |
| | Amonia | Spektrofotometri | mg/L | 0.000 | 1.5 |
| 12. | pH | Elektrometri | - | 7.87 | 6.5-8.5 |
| 13. | Selenium | AAS | mg/L | - | 0.01 |
| 14. | Seng | AAS | mg/L | 0.042 | 3.0 |
| 15. | Sianida | AAS | mg/L | Tdk terdeteksi | 0.07 |
| 16. | Sulfat | Spektrofotometri | mg/L | 5.705 | 250 |
| 17. | Tembaga | AAS | mg/L | 0.032 | 2.0 |

Data di atas menunjukkan bahwa membran Ultrafiltrasi memiliki efektivitas yang sangat tinggi dalam menghilangkan bakteri (*E. coli*); Ultrafiltrasi memiliki efektivitas yang rendah dalam menghilangkan bahan kimia sehingga diperlukan adanya kolom adsorben sebelum membran filtrasi dan ultrafiltrasi (UF) efektif dalam menghilangkan sel bakteri sampai dengan 99,7% terlihat dari data yang ditunjukkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut bahwa penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun prototipe pengolahan air layak konsumsi dengan membran ultrafiltrasi termodifikasi, yang berfungsi untuk mengolah air sumur bor menjadi air layak konsumsi. Desain pengolahan air terdiri atas unit pretreatment dan unit ultrafiltrasi. Unit pretreatment meliputi pompa air baku, pompa dosing, bag filter dan tangki penampung air baku, sedangkan unit ultrafiltrasi terdiri atas membran ultrafiltrasi, Housing membran ultrafiltrasi, pompa, pompa dosing, tangki penampung air olahan dan membran ultrafiltrasi. Bahwa kemampuan media filtrasi pada proses unit pretreatment dalam menghilangkan bau pada air sumur bor dan untuk menurunkan kadar COD (Chemical Oxygen Demand), dirasa sangat efektif dan efisien, terjadi penurunan kadar Besi (Fe) dari 0,43 Mg/L menjadi 0,12 Mg/L. Keseluruhan penyaringan sangat berperan dalam menurunkan tingkat kekeruhan pada air sumur bor yaitu dari 8 skala NTU menjadi 0,28 skala NTU. Pengolahan air sumur bor menggunakan media filtrasi (adsorben) memiliki kemampuan yang telah disebutkan diatas, ini juga sangat efisien dan efektif dalam biaya yang dikeluarkan, material yang digunakan hingga pada waktu penyaringan air. Pengolahan air dengan teknologi membran ultrafiltrasi telah menghasilkan air olahan dengan kualitas air minum yang disyaratkan (untuk 7 parameter penting, yaitu pH, suhu, warna, kekeruhan, TSS, TDS, dan kandungan bakteri E. coli), bukan hanya sekedar menghasilkan air bersih, sehingga air olahan teknologi membran dapat dikonsumsi manusia secara aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaturvedi, S., dan P.N. Dave. 2012. Removal of iron for safe drinking water. *Desalination*. 303:1-11.
- Djana, M. (2023). ANALISIS KUALITAS AIR DALAM PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR BERSIH DI KECAMATAN NATAR HAJIMENA LAMPUNG SELATAN. *Jurnal Redoks*, 8(1), 81–87. <https://doi.org/10.31851/redoks.v8i1.11853>
- Gusdi, R., Wita, H., & Septiana, U. 2017. Pembuatan Alat Penyaringan Air Sederhana Dengan Metode Fisika. *Jurnal Nasional Ecopedon*, 4(1), 19–21. Retrieved from <http://www.perpustakaan.politanipyk.ac.id>
- Herman, W. 2018. Pemanfaatan Tanah Vulkanik dalam Sistem Multiple Soil Layering(MSL) Terhadap Pemurnian Air Irigasi Terpolusi, 2(2), 49–59.
- Ibrahim, S. Mirwan, A. Wicakso, D.R. 2011. IbM Desa Kelampayan Tengah untuk Penyediaan Air yang Layak Konsumsi, Banjarbaru, Laporan Pengabdian kepada Masyarakat Program Ipteks bagi Masyarakat (IbM). Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin
- Lee, H., G. Amy, J. Cho, Y. Yoon, S-H. Moon, and I.S. Kim. 2001., Cleaning Strategies for Flux Recovery of an Ultrafiltration Membrane Fouled by Natural Organic Matter, *Journal Water Research*. 35 (14): 3301-3308
- Lee, N., G. Amy, J-P. Croue, and H. Buisson. 2004. Identifikation and Understanding of Fouling in LowPressure Membrane (MF/UF) Filtration by Organic Matter, *Journal Water Research*. 38: 4511-4523
- Lerch, A. S. Panglisch, P. Buchta, Y. Tomita, H. Yonekawa, K. Hattori and R. Gimbel. 2005. Direct river water treatment using coagulation/ceramic membrane microfiltration. *Desalination Journal*. 179.(1-3): 41-50.
- Madaeni, S. 1999. The application of membrane technology for water disinfection. *Water Research*. 33 (2): 301-308.
- Mirwan, Agus., Vera., Yunita. 2017. Pembuatan Membran Ultrafiltrasi dari Polimer Selulosa Asetat dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Konversi* Vol. 6 No. 1
- Rahmawati, Fitriana., Marsono. 2021. Evaluasi Teknis Instalasi Pengolahan Air Unit Ultrafiltrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji PDAM Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS* Vol 10 No.2.
- Wenten, I. G. 2004. Teknologi Membran dalam Pengolahan Air dan Limbah Industri.

Studi Kasus: Pemanfaatan Ultrafiltrasi untuk Pengolahan Air Tambak.

- Yuan, W., L. Zydney,. 1999. Humic Acid Fouling During Microfiltration, *Journal of Membrane Science*. 157: 1- 12.
- Yuliwati, E., Martini, S., & Melani, A. (2021). TEKNOLOGI MEMBRAN ULTRAFILTRASI UNTUK PENGELOLAAN AIR LIMBAH PENCUCIAN INDUSTRI TEKSTIL ECO-PRINT. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 4(1), 35-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.46774/pptk.v4i1.342>