



Pengolahan Air Tanah di Kawasan Politeknik Negeri Bandung menjadi Air Minum dengan Metoda Ultrafiltrasi

Emma Hermawati Muhari, Ayu Ratna Permanasari, Fitria Yulistiani*

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung

*E-mail: fitria.yulistiani@polban.ac.id

ABSTRAK

Di Indonesia, khususnya di sekitar Politeknik Negeri Bandung, sebagian besar sumber air berasal dari air tanah. Air tanah di lingkungan Politeknik Negeri Bandung memiliki pH asam (< 6), coliform > 2.400 , dan colitinja positif. Proses pemanasan air kurang efektif untuk mengolah air tanah karena memerlukan waktu yang relatif lama, energi besar, dan tidak dapat meningkatkan pH air agar memenuhi standar air minum sebagaimana tercantum dalam Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010. Untuk mengolah air tanah di lingkungan Politeknik Negeri Bandung, telah dibuat alat pengolahan air minum portabel dengan menggunakan konsep aliran *dead-end filtration*. Membran yang dipakai merupakan membran *hollow-fiber*, berjenis membran ultrafiltrasi berbahan dasar PVDF (*Poly Vinylidene Flouride*), ukuran pori $0,1\mu\text{m}$, panjang membran 15cm, jumlah membran sebanyak 148 buah, dan dapat dioperasikan pada daya isap normal manusia. Permeat yang dihasilkan sesuai dengan standar PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 dari parameter fisika, kimia, dan biologi. *Lifetime* membran diamati melalui jumlah permeat yang dihasilkan dari awal pemakaian membran hingga membran tersebut rusak. *Lifetime* pada alat pengolah air minum portabel ini adalah 38,879 L. Pengolahan air tanah menggunakan alat ini dapat menaikkan pH sebesar 12,78%, menurunkan konduktivitas sebesar 39,31%, dan menurunkan Total Dissolved Solid (TDS) 13,72%. Dari segi ekonomi, penggunaan alat ini dapat menghemat biaya 50% dibandingkan dengan pembelian air minum kemasan 600 ml.

Kata kunci: Air minum, air tanah, *portable*, PVDF, ultrafiltrasi

In Indonesia, especially around the Bandung State Polytechnic, most of the water sources come from ground water. Ground water in the Bandung State Polytechnic environment has acidic pH (< 6), coliform $> 2,400$, and positive colitis. The process of water heating is less effective for treating ground water because it requires a relatively long time, large energy, and can not increase the pH of the water to meet drinking water standards as stated in Permenkes No. 492 / MENKES / PER / IV / 2010. To treat ground water in the Bandung State Polytechnic, portable drinking water treatment equipment has been made using the concept of dead-end flow filtration. The membrane used is a hollow-fiber membrane, a type of ultrafiltration membrane made from PVDF (Poly Vinylidene Fluoride), pore size of $0.1\mu\text{m}$, membrane length of 15cm, membrane number of 148 pieces, and can be operated on normal human suction. The permeate produced is in accordance with PERMENKES No. 492 / MENKES / PER / IV / 2010 from physical, chemical and biological parameters. Lifetime membranes are observed through the amount of permeate produced from the beginning of the use of the membrane until the membrane is damaged. Lifetime of this portable drinking water treatment device is 38,879 L. Ground water treatment using this tool can increase pH by 12.78%, decrease conductivity by 39.31%, and reduce Total Dissolved Solid (TDS) 13.72%. From an economic standpoint, the use of this tool can save 50% costs compared to the purchase of 600 ml of bottled water.

Keywords: Drinking water, ground water, *portable*, PVDF, ultrafiltration

1. PENDAHULUAN

Salah satu metode alternatif untuk pengolahan air tanah menjadi air minum

adalah metode ultrafiltrasi. Menurut Viessman, 1993, proses filtrasi mampu menghilangkan telur cacing, protozoa dan

padatan tersuspensi. Membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk mengolah air rawa yang memiliki pH rendah menjadi air bersih dengan pH mendekati netral. Hal ini karena senyawa-senyawa organik maupun anorganik seperti asam-asam mineral bebas yang terdapat di air rawa hampir semuanya tersaring pada membran ultrafiltrasi [1].

Di Indonesia, khususnya di sekitar Politeknik Negeri Bandung, sebagian besar sumber air berasal dari air tanah. Pada era yang semakin modern, masyarakat semakin peduli terhadap kualitas air yang dikonsumsi sebagai air minum. Selain itu, segi kepraktisan dari air minum juga merupakan salah satu faktor yang menjadi pilihan. Air tanah di lingkungan Politeknik Negeri Bandung memiliki pH asam (< 6), coliform > 2.400 , dan colitinja positif. Proses pemanasan air kurang efektif untuk mengolah air tanah karena memerlukan waktu yang relatif lama dan membutuhkan energi pemanasan. Selain itu pengolahan air melalui pemanasan tidak dapat menaikkan pH agar sesuai dengan standar air minum yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia [2].

Penelitian terkait penggunaan membran ultrafiltrasi untuk memproduksi air minum telah banyak dilakukan di berbagai belahan dunia. Penggunaan teknologi membran ultrafiltrasi, berukuran pori $0,1$ s.d. $0,01 \mu\text{m}$ untuk pengolahan air tanah menjadi air minum di Afrika Selatan terbukti dapat menyaring bakteri, virus, partikel tersuspensi, dan koloid hingga memenuhi standar WHO. Setelah melalui proses Ultrafiltrasi, total coliform berkurang hingga $7 \text{ cfu}/100\text{ml}$, masih lebih rendah dari persyaratan WHO $10 \text{ cfu}/100\text{ml}$. Hasil pengolahan memiliki nilai konduktivitas $300 \text{ mS}/\text{cm}$ dan kekeruhan $< 5 \text{ NTU}$, sehingga aman untuk dikonsumsi sebagai air minum [3]. Di Malaysia, telah dilakukan penggunaan proses ultrafiltrasi dengan membran Memtec (area filtrasi efektif 1 m^2) untuk mengolah air

tanah, baik yang sudah diaerasi maupun yang belum diaerasi, dan menghasilkan air minum yang sesuai dengan standar WHO [4]. Di India bagian selatan, teknologi filtrasi dengan membran terdesentralisasi diaplikasikan terhadap air tanah. Teknologi tersebut dapat mengurangi total coliform, fecal coliform, dan e-coli sebesar $0,86$; $1,14$; dan $0,79$, serta mengurangi kejadian diare sebesar 24% pada kondisi terdapat penampungan air dan 14% pada kondisi tanpa penampungan air [5]. Di Cina, teknologi membran ultrafiltrasi (UF) menggunakan 48 m^2 membran *hollow-fiber* bertekanan rendah untuk pembuatan air minum telah dievaluasi. Ultrafiltrasi dioperasikan dengan pola cross flow dan menggunakan adsorpsi PAC (powdered activated carbon). Kombinasi PAC/UF dapat menghilangkan COD sebesar 40% , DOC 46% , dan menurunkan absorbansi UV254 sebesar 57% . Kekeruhan berkurang hingga di bawah $0,2 \text{ NTU}$ dan partikel berkurang dari $12.000/\text{ml}$ pada air umpan menjadi $15/\text{ml}$ pada produk keluaran membran [6].

Di Indonesia sendiri terdapat beberapa penelitian terkait pengolahan air minum dengan membran ultrafiltrasi. Penelitian Prahady dkk yang dilakukan menggunakan membran UF dengan pre-treatment berupa mikrofilter dan karbon aktif menunjukkan bahwa terdapat kenaikan pH pada air yang diolah, namun belum terbukti dapat mengurangi kandungan mikrobiologi dari air tersebut [1]. Aldi Julialdi telah merancang alat pengolahan air minum portabel dengan media filter membran ultrafiltrasi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa air yang dihasilkan telah memenuhi standar air minum namun jumlah membran yang digunakan belum optimal [7].

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan alat pengolah air minum portabel untuk mengolah air tanah di sekitar Politeknik Negeri Bandung menjadi air siap minum menggunakan teknologi ultrafiltrasi dengan bahan dasar polyvinylidene flouride

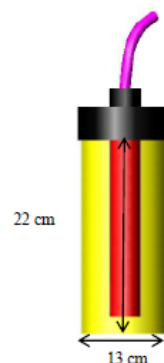
(PVDF) berbentuk *hollow-fiber*, ukuran pori 0.1 μm , dan panjang membran 15 cm.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah alat pengolahan air minum portabel, pompa vakum, manometer air, turbidimeter, TDS meter, dan pH meter. Sedangkan bahan yang digunakan adalah air tanah, membran ultrafiltrasi, natrium bikarbonat, asam sitrat, indikator EBT, EDTA, H_2O_2 , dan alkohol.

Analisis yang dilakukan terhadap produk keluaran alat pengolahan air minum portabel mencakup analisis fisik, kimia, dan bakteriologi. Analisis dilaksanakan di laboratorium kesehatan masyarakat terakreditasi dengan mengacu pada SNI-01-2332-1991. Adapun analisis fisik yang dilakukan mencakup analisis warna, bau, rasa, kekeruhan, dan konduktivitas. Sedangkan analisis kimia mencakup pH, kandungan besi (Fe), kesadahan (CaCO_3), kandungan klorida (Cl), kandungan mangan (Mn), kandungan nitrat (sebagai NO_3), kandungan nitrit (sebagai NO_2), kandungan sulfat (SO_4), kandungan zat padat terlarut, dan kandungan zat organik.

Alat pengolahan air minum portabel dibuat dengan konsep aliran *dead-end filtration* dengan aliran umpan dari luar membran (*outside-in*) sehingga hanya ada satu aliran keluar. Air tanah dimasukkan ke dalam alat dengan cara membuka tutup alat dan ditampung sebagai air umpan. Gaya dorong berupa tekanan isap yang diberikan menyebabkan air umpan melewati membran dan partikel akan tertahan pada membran. Produk (permeat) dikeluarkan melalui aliran keluar, yaitu melalui selang yang tersambung dengan media ultrafiltrasi. Skema desain alat ditunjukkan dalam Gambar 1. Alat pengolahan dibuat dari botol minum dengan volum 1000 mL yang bagian tengahnya diisi dengan media filtrasi (membran ultrafiltrasi) dan dilengkapi dengan alat pengisap di bagian atas.



Gambar 1. Skema desain alat pengolahan air minum portabel

Membran yang dipakai merupakan membran dengan bentuk *hollow-fiber*, yaitu merupakan membran dengan bentuk seperti selang yang mempunyai pori pada setiap sisi selimut. Membran *hollow-fiber* tersebut berjenis membran ultrafiltrasi berbahan dasar PVDF (*Poly Vinylidene Flouride*) ukuran pori 0,1 μm , panjang membran 15cm, dan jumlah membran sebanyak 148 buah. Alat penampung air sekaligus membran yang dipakai adalah alat dengan berbahan dasar PP (*Poly Propylene*) yang merupakan bahan polimer terbaik sehingga dapat digunakan secara berulang-ulang. Alat penampung memiliki volume satu liter sehingga dapat dikategorikan portabel.

Pengolahan menggunakan teknologi ultrafiltrasi dilakukan dengan variasi jumlah membran (148 dan 118 buah). Pengujian *lifetime* membran dilakukan dengan mengalirkan air umpan ke dalam alat pengolahan air minum portabel secara terus-menerus sampai membran menjadi jenuh. Jika membran sudah jenuh, maka dilakukan metode *backwash* untuk membersihkan pengotor yang terdapat pada membran. *Backwash* dilakukan dengan cara *cleaning* menggunakan *silic acid* dan *baking powder*. Setelah proses *backwash* dilakukan, air umpan kembali dialirkan ke dalam alat pengolahan air minum portabel. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang hingga membran ultrafiltrasi rusak atau tidak dapat

dipakai yang ditunjukkan dengan menurunnya kualitas produk sehingga tidak memenuhi persyaratan baku mutu air minum. Pengambilan data dilakukan pada sampel air umpan dan sampel air yang sudah melewati alat pengolahan air minum (produk), sehingga kinerja membran dapat diketahui. Kinerja yang dimaksud meliputi kualitas hasil keluaran produk dan *lifetime* membran. Pada tahapan ini, *lifetime* membran dapat diketahui melalui pengukuran volume maksimal hingga mencapai jenuh serta pengukuran umur penggunaan membran.

Produk yang dihasilkan harus sesuai dengan standar air minum yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan analisis parameter fisik, kimia dan biologi untuk menguji kesesuaian produk air minum tersebut.

Sebelum dilakukan pengolahan, dilakukan analisis fisika, kimia, dan biologi terhadap umpan air tanah. Data hasil analisis umpan air tanah diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Analisis Umpan Air Tanah

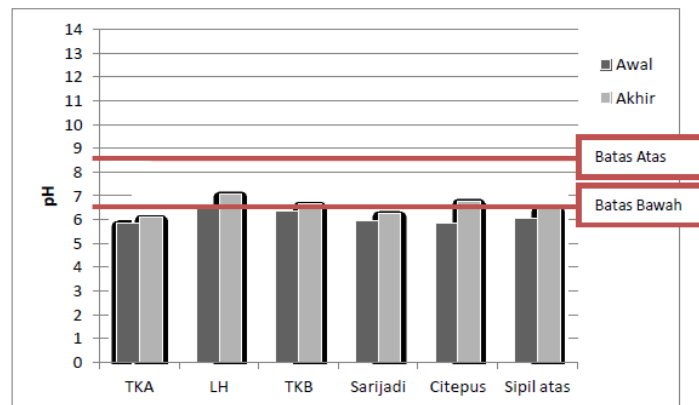
| Parameter Analisis | Satuan | Batas Maksimum | Hasil Analisis Umpan |
|-----------------------------------|---------|----------------|----------------------|
| FISIKA | | | |
| Warna | TCU | 15 | 5 |
| Bau | - | Tidak berbau | Tidak berbau |
| Rasa | - | Tidak berasa | Tidak berasa |
| Kekeruhan | NTU | 5 | 0,1 |
| Konduktivitas | μ S | - | 382 |
| KIMIA | | | |
| pH | - | 6,5-8,5 | 5,56 |
| Besi (Fe) | mg/L | 0,3 | 0,046 |
| Kesadahan (CaCO ₃) | mg/L | 500 | 114,35 |
| Klorida (Cl) | mg/L | 250 | 29,39 |
| Mangan (Mn) | mg/L | 0,4 | 0,05 |
| Nitrat (sebagai NO ₃) | mg/L | 50 | 1,42 |
| Nitrit (sebagai NO ₂) | mg/L | 3 | 0,009 |
| Sulfat (SO ₄) | mg/L | 250 | 4,91 |
| Zat Padat Terlarut | mg/L | 500 | 267 |
| Zat Organik | mg/L | 10 | 3,02 |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. PENGARUH PROSES ULTRAFILTRASI TERHADAP PH

Pengujian pH dilakukan terhadap 6 sampel air untuk mengetahui kinerja membran. Keenam sampel berasal dari air tanah di sekitar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung, yaitu Gedung Teknik Kimia Atas (TKA), Masjid Lukmanul Hakim (LH), Gedung Teknik Kimia Bawah (TKB), Sarijadi, Citepus, dan Gedung Teknik Sipil Atas. Setelah dilakukan proses pengolah air minum dengan metoda ultrafiltrasi tidak

semua sumber air baku telah memenuhi persyaratan air minum [2] yang berada pada kisaran 6,5 – 8,5. Masih terdapat nilai pH yang berada dibawah baku mutu yaitu hasil pengolahan yang berasal dari sumber air kran TKA dan Sarijadi yaitu pada 6,09 dan 6,26. Nilai pH yang rendah disebabkan oleh keberadaan kandungan mikromolekul pada air tersebut. Efisiensi kinerja membran ultrafiltrasi untuk peningkatan nilai pH sebesar 6,7 %. Kondisi pH Awal (sebelum pengolahan) dan pH akhir (sesudah pengolahan) ditunjukkan dalam Gambar 2.



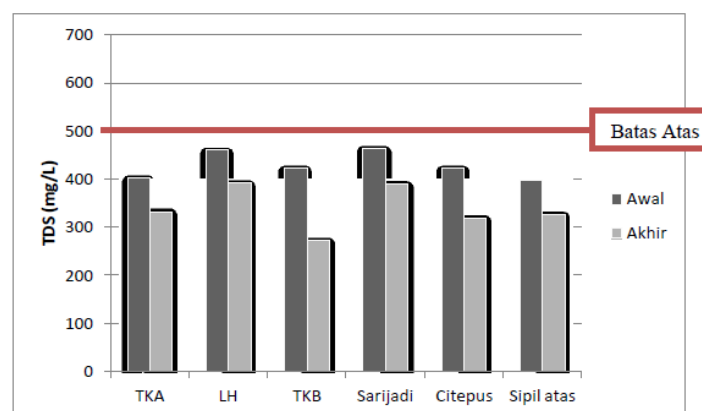
Gambar 2. Keasaman Air Umpan dan Hasil Pengolahan

3.2. PENGARUH PROSES ULTRAFILTRASI TERHADAP TOTAL PADATAN TERLARUT

Pengujian total padatan terlarut (TDS) dilakukan terhadap 6 sampel air untuk mengetahui kinerja membran. Keenam sampel berasal dari air tanah di sekitar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung, yaitu Gedung Teknik Kimia Atas (TKA), Masjid Lukmanul Hakim (LH), Gedung Teknik Kimia Bawah (TKB), Sarijadi, Citepus, dan Gedung Teknik Sipil Atas. Baku mutu yang ditetapkan di literatur [2] adalah sebesar 500 mg/L. Meskipun nilai total padatan terlarut air umpan sudah memenuhi nilai baku mutu yang ditetapkan tetapi hasil pengolahan menggunakan membran ultrafiltrasi menunjukkan sifat yang positif yaitu mengurangi nilai dari tiap-

tiap total padatan terlarut (Gambar 3). Berdasarkan seluruh penurunan nilai total padatan terlarut yang terjadi diperoleh rata-rata efisiensi kinerja alat yaitu sebesar 21 %. Efisiensi penurunan total padatan terlarut umumnya dikenal dengan istilah Koefisien Rejeksi.

Penurunan TDS ini berhubungan dengan tingkat kesadahan air dan teroksidasinya ion-ion logam yang terkandung dalam air. Ion-ion logam yang terdapat dalam air mempunyai ukuran yang lebih kecil dari 0,1 μm tetapi ketika ion logam tersebut teroksidasi maka akan membentuk senyawa dengan ukuran yang lebih besar dan akan tersaring oleh membran ataupun akan mengendap pada dasar alat penampung air.



Gambar 3. Pengaruh Pengolahan Air Menggunakan Membran Ultrafiltrasi terhadap Total Padatan Terlarut

3.3. HASIL AKHIR PENGOLAHAN AIR MENGGUNAKAN ALAT PENGOLAHAN AIR MINUM PORTABEL

Setelah mengetahui bahwa membran ultrafiltrasi dapat menaikkan pH dan menurunkan TDS, dilakukan pengolahan air tanah Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung menggunakan alat pengolahan air minum portabel yang telah dibuat. Kondisi operasi proses pengolahan air minum dengan metode ultrafiltrasi ini bergantung pada tekanan operasi yang merupakan tekanan isap (vacuum) dan tekanan udara di dalam botol pengolah air minum. Pada dasarnya, kondisi operasi yang ideal dalam penelitian ini adalah besarnya tekanan isap yang setara dengan tekanan isap manusia. Besarnya tekanan isap manusia ditentukan dengan cara mengukur kekuatan isap menggunakan manometer air, hasil dari pengukuran tersebut dikonversikan menjadi satuan tekanan. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran tekanan isap manusia yang dilakukan oleh beberapa partisipan.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Tekanan Isap Manusia

| No | Ujicoba Daya Isap | Tinggi Isapan (cmH ₂ O) | Tekanan Isap (bar) |
|----|----------------------|--|-----------------------|
| 1 | Partisipan 1 | 242 | 0,238 |
| 2 | Partisipan 2 | 151 | 0,149 |
| 3 | Partisipan 3 | 210 | 0,206 |
| 4 | Partisipan 4 | 364 | 0,357 |
| 5 | Partisipan 5 | 211 | 0,207 |
| 6 | Partisipan 6 | 266 | 0,261 |

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa besaran tekanan isap manusia berada pada rentang 0,149 bar s.d. 0,357 bar dengan rata-rata sebesar 0,236 bar. Penentuan batasan operasi proses filtrasi dilakukan pada saat awal penelitian dengan kondisi botol pengolah air yang tertutup rapat. Batasan operasi diperoleh dengan memberikan tekanan isap terkecil, yaitu 0,04 bar, hingga tekanan isap terbesar, yaitu 0,6 bar. Tekanan isap terbesar

tersebut dapat menyebabkan dinding botol pengolah air tidak dapat menahan tekanan yang diberikan sehingga botol langsung mengkerut.

Dalam penelitian ini tekanan isap yang digunakan adalah 0,04 bar, karena pada tekanan tersebut laju permeat yang dihasilkan sudah cukup besar ketika botol pengolah air tidak tertutup terlalu rapat.

Berdasarkan hasil penelitian Ramadhan [8] semakin banyak jumlah membran maka volume permeat yang dihasilkan semakin banyak. Hal tersebut dikarenakan luas permukaan proses filtrasi pada membran lebih besar, begitu juga sebaliknya. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit jumlah membran maka volume permeat yang dihasilkan semakin sedikit. Volume permeat yang dihasilkan dipengaruhi oleh tekanan isap yang diberikan, untuk mencapai volume permeat yang sama pada waktu yang sama dengan jumlah membran 118 buah, maka tekanan isap yang digunakan harus dinaikkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah membran 118 buah dengan tekanan isap 0,04 bar menghasilkan laju permeat yang cukup besar dalam waktu yang singkat, sehingga jumlah membran yang digunakan dapat diminimalisir untuk mendapat jumlah membran minimum. Adapun pengurangan jumlah membran tersebut pada pengoperasiannya harus disertai kenaikan tekanan isap yang digunakan hingga batas maksimum pada rentang 0,149 bar – 0,357 bar.

Kondisi tekanan udara di dalam botol pengolah air minum berpengaruh pada proses filtrasi, yaitu kondisi laju permeat. Jika botol pengolah air tertutup rapat maka laju permeat yang dihasilkan tidak kontinu karena udara yang terdapat di dalam botol pengolah air yang digunakan sebagai media transportasi air semakin lama akan berkurang, sehingga tekanan udara di dalam botol akan menjadi

vacuum. Hal tersebut disebabkan karena udara terisap oleh pompa dan berpindah menuju alat penampung permeat. Sedangkan jika botol pengolah air minum tidak tertutup terlalu rapat maka laju permeat yang dihasilkan dapat mengalir secara kontinyu karena masih ada celah untuk udara dari luar masuk ke dalam botol. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi yang baik saat proses filtrasi dilakukan yaitu tekanan udara di dalam botol pengolah air minum tidak berada pada kondisi vacuum (tertutup rapat) dan penggunaan tekanan isap yang tidak melebihi 0,357 bar.

3.4. PENENTUAN *LIFETIME* MEMBRAN

Dalam penelitian ini *lifetime* membran ditentukan dengan cara penggunaan membran yang dilakukan secara terus menerus hingga terjadi kerusakan. *Lifetime* yang diperoleh diamati melalui jumlah permeat yang dihasilkan dari awal pemakaian membran hingga membran tersebut rusak. Pada membran yang berjumlah 148 buah kerusakan terjadi setelah permeat yang dihasilkan sebanyak 38,879 L, sedangkan pada membran yang berjumlah 118 buah kerusakan terjadi setelah permeat yang dihasilkan sebanyak 9,87 L.

Volume permeat yang dihasilkan oleh membran yang berjumlah 118 buah tidak sebanyak jumlah permeat yang dihasilkan oleh membran yang berjumlah 148 buah. Hal tersebut dikarenakan kerusakan membran yang berupa elongation atau perpanjangan ukuran membran yang cepat, elongation tersebut terjadi karena tekanan isap yang digunakan saat proses filtrasi melebihi batasan operasi serta tekanan udara di dalam botol pengolah air yang terlalu rapat. Kondisi operasi tersebut menyebabkan alat pengolah air menyusut secara cepat karena tekanan isap terlalu tinggi yakni mencapai 0,8 bar, dan membran secara tidak langsung mengalami perpanjangan karena tertarik oleh tekanan isap yang tinggi. Jika membran telah

mengalami perpanjangan dari ukuran sebelumnya maka pori pori membran akan membesar dan pengotor yang ukurannya lebih kecil dari pori membran tersebut akan lolos.

Pada membran yang berjumlah 148 buah volum permeat yang dihasilkan lebih banyak karena penggunaan membran yang berada di bawah batasan operasi sehingga *lifetime* lebih lama. Kerusakan membran 148 buah ditandai dengan keruhnya permeat yang melebihi dari air baku yang digunakan meskipun membran tersebut telah dilakukan cleaning dan *backwash* sebelumnya. Cleaning dilakukan dengan merendam membran pada larutan asam dan basa secara bergantian, dan cleaning tersebut dilakukan ketika membran sudah jenuh yang ditandai dengan naiknya nilai kekeruhan pada permeat dibandingkan dengan hasil filtrasi awal. Dalam penelitian ini membran akan jenuh setelah menghasilkan permeat sebanyak ± 6 liter.

Jika dibandingkan dengan harga air minum kemasan 600 ml saat ini, permeat dari proses ultrafiltrasi memiliki nilai ekonomis yang lebih dari air kemasan. Harga satu bundle membran Rp. 100.000,- dapat menghasilkan air minum sebanyak 38,879 L ~ 40 L, sedangkan harga 1 botol air minum kemasan 600 ml Rp. 3000,-. Jika dihitung nilai ekonomis dari pemakaian membran dan pembelian air minum kemasan, pemakaian membran lebih hemat 50% .

3.5. PENGUJIAN JUMLAH MEMBRAN 148 BUAH

Dalam penelitian oleh Julialdi [7], alat pengolahan air minum yang dibuat dengan menggunakan membran ultrafiltrasi ukuran 0,1 μm yang berbahan dasar polyvinylidene flouride dengan jumlah membran 148 buah, mampu membuat air tanah menjadi air layak minum menurut PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/ 2010 dan standar SNI-01-2332-1991. Dengan alat pengolahan air minum yang dibuat memiliki spesifikasi

yang sama, dalam penelitian ini pengujian kinerja membran tidak hanya didasarkan pada kualitas produk tetapi juga didasarkan pada kuantitas produk yang dihasilkan. Sehingga *lifetime* membran juga dapat

ditentukan. Hasil pengujian karakteristik air sebelum dan setelah diolah dengan alat pengolah air minum portabel 148 membran diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Air Sebelum dan Sesudah Pengolahan Pada Alat Pengolah Air Minum Portabel dengan Jumlah Membran 148 buah

| No | Parameter Uji | Satuan | Batas Maksimum | Hasil Analisis | |
|----|---------------|---------------|----------------|----------------|---------|
| | | | | Air Baku | Produk |
| 1 | pH | | 6,5 – 8,5 | 6,62 | 7,59 |
| 2 | Konduktivitas | μS | - | 379 | 230 |
| 3 | TDS | mg/L | 500 | 255 | 220 |
| 4 | Kekeruhan | NTU | 5 | 0 | 0,11 |
| 5 | Warna | TCU | 15 | 0 | 7 |
| 6 | Kesadahan | mg/L | 500 | 143,28 | 95,78 |
| 7 | Zat Organik | mg/L | 10 | 0,01 | 6,45 |
| 8 | Coliform | | 0 | 43 | 0 |
| 9 | Colitinja | | Negatif | Positif | Negatif |

Dari tabel 3, air baku telah memenuhi persyaratan air minum berdasarkan parameter fisika dan kimia, serta parameter biologi. Berdasarkan penelitian Auliani [9] dan Julialdi [7], pengolahan dengan menggunakan membran ultrafiltrasi mampu memperbaiki kualitas air tanah menjadi air minum. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik membran ultrafiltrasi tersebut mampu mengolah air tanah menjadi air minum sesuai dengan standar air minum yang ada (PERMENKES No.492/MENKES/PER/IV/2010 dan standar SNI-01-2332-1991). Pada penelitian ini, pengolahan air minum dilakukan dengan menggunakan membran berjumlah 148 buah dan 118 buah.

Dalam penelitian ini, pH permeat mengalami kenaikan dari 6,62 menjadi 7,59. Hal ini dapat terjadi dikarenakan asam-asam mineral bebas yang terdapat di dalam air baku dapat tersaring oleh membran ultrafiltrasi, sehingga pH air bergeser naik ke arah basa [1]. Kenaikan pH juga dipengaruhi oleh kualitas air baku yang tidak stabil karena adanya pengaruh dari lingkungan. Dengan hasil

tersebut, maka kinerja membran ultrafiltrasi dapat menaikkan pH sebesar 12,78%.

Konduktivitas pada permeat mengalami penurunan sebesar 39,31%. Hal ini dapat disebabkan karena kation dan anion yang terdapat di dalam permeat berikatan satu sama lain, sehingga membentuk senyawa netral (tanpa muatan) yang berbentuk garam [10]. Kondisi tersebut juga berpengaruh pada nilai Total Dissolved Solid (TDS) yang mengalami penurunan sebesar 13,72%. Selain berpengaruh pada menurunnya nilai TDS, garam tersebut dapat menyebabkan naiknya nilai parameter kekeruhan dan warna. Dalam penelitian ini nilai kekeruhan naik dari 0 NTU menjadi 0,11 NTU dan nilai warna mengalami kenaikan dari 0 TCU menjadi 7 TCU.

Kandungan zat organik pada permeat mengalami kenaikan yang signifikan dari 0,01 mg/L menjadi 6,42 mg/L. Hal yang dapat mempengaruhi naiknya nilai zat organik tersebut adalah faktor fabrikasi membran dan kondisi air baku. Faktor fabrikasi membran sendiri mempengaruhi karena terdapat monomer organik *vinylidene*

fluoride yang tidak terkonversi dalam pembentukan polimer dan terjebak di dalam polimer membran [11]. Monomer tersebut dapat meluruh karena adanya perlakuan mekanik ataupun perlakuan kimia seperti pemanasan dan pemberian tekanan. Dalam penelitian ini bertambahnya nilai zat organik disebabkan oleh meluruhnya monomer organik karena proses cleaning yang menggunakan bahan kimia dan pemanasan, serta proses filtrasi yang menggunakan tekanan isap. Selain itu faktor kondisi air baku mempengaruhi nilai zat organik karena kualitas air baku yang tidak stabil [11].

Berdasarkan literatur disebutkan bahwa membran ultrafiltrasi tidak dapat menyaring ion-ion monovalent maupun multivalent, tetapi untuk senyawa pembentuk kesadahan masih dapat tersaring oleh membran ultrafiltrasi. Dari hasil penelitian ini nilai kesadahan mengalami penurunan sebesar 33,15 %. Dalam Julialdi [7], ion-ion logam yang terdapat dalam air mempunyai ukuran yang lebih kecil dari 0,1 μm tetapi ketika ion logam tersebut teroksidasi maka akan membentuk senyawa dengan ukuran yang lebih besar dan akan tersaring oleh membran sehingga ion-ion logam pada permeat secara umum mengalami penurunan.

Tabel 4. Data Hasil Analisis Umpan dan Hasil Pengolahan

| Parameter Analisis | Satuan | Batas Maksimum | Hasil Analisis | | Kinerja (%) |
|-----------------------------------|---------------|----------------|----------------|--------------|-------------|
| | | | Umpan | Hasil | |
| FISIKA | | | | | |
| Warna | TCU | 15 | 5 | 0 | 100.00 |
| Bau | - | Tidak berbau | Tidak berbau | Tidak berbau | |
| Rasa | - | Tidak berasa | Tidak berasa | Tidak berasa | |
| Kekeruhan | NTU | 5 | 0,1 | 0 | 100.00 |
| Konduktivitas | μS | - | 382 | 320 | 16,23 |
| KIMIA | | | | | |
| pH | - | 6,5-8,5 | 5,56 | 6,87 | 19,07 |
| Besi (Fe) | mg/L | 0,3 | 0,046 | 0 | 100.00 |
| Kesadahan (CaCO ₃) | mg/L | 500 | 114,35 | 147,62 | -29,09 |
| Klorida (Cl) | mg/L | 250 | 29,39 | 33 | -12,28 |
| Mangan (Mn) | mg/L | 0,4 | 0,05 | 0,04 | 20.00 |
| Nitrat (sebagai NO ₃) | mg/L | 50 | 1,42 | 36,95 | -2502,11 |
| Nitrit (sebagai NO ₂) | mg/L | 3 | 0,009 | .0,005 | 44,44 |
| Sulfat (SO ₄) | mg/L | 250 | 4,91 | 42,78 | -771,28 |
| Zat Padat Terlarut | mg/L | 500 | 267 | 224 | 16,10 |
| Zat Organik | mg/L | 10 | 3,02 | 0,14 | 95,36 |

Sumber : Labkesmas

Sumber air baku dari lab kimia atas

Bakumutu mengacu pada persyaratan air minum no 492/MENKES/PER/IV/2010

Kelayakan air minum yang dihasilkan dari proses pengolahan ultrafiltrasi dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 tersebut yang merupakan analisis dari lab rujukan, dapat dilihat untuk parameter warna, kekeruhan dan kandungan besi menunjukkan hasil nol. Hal ini dapat menunjukkan bahwa kinerja alat mencapai 100%. Sedangkan untuk parameter konduktivitas, mangan, nitrit, TDS dan zat organik, kandungannya dapat diturunkan. Adapun untuk parameter lainnya seperti kesadahan, klorida, nitrat dan sulfat menunjukkan peningkatan meskipun masih memenuhi standar baku mutu air minum. Berdasarkan hasil analisis parameter biologi pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa parameter biologi sudah memenuhi persyaratan air minum [2].

Tabel 4. Parameter Biologi Air Umpan dan Hasil Pengolahan

| Parameter Analisis | Baku Mutu | Hasil Analisis | |
|--------------------|-----------|----------------|---------|
| | | Umpan | Hasil |
| Coliform | < 3 | 43 | < 3 |
| Colitinja | negatif | positif | negatif |

Sumber Kabkesmas Setyabudi Bakumutu mengacu pada persyaratan air minum [2].

4. KESIMPULAN

Alat pengolahan air minum portabel dengan membran ultrafiltrasi berbahan dasar Polyvinyledene Fluoride, jenis membran *hollow-fiber* dengan ukuran pori 0,1 μm dan panjang 15 cm dengan jumlah membran 148 buah dan 118 buah dapat dioperasikan pada tekanan hisap yang tidak melebihi tekanan hisap manusia (partisipasi) yaitu 0,357 bar di mana tekanan udara di dalam botol pengolah air minum tidak berada pada kondisi vacuum (tertutup rapat).

Pada penggunaan jumlah membran 148 buah, permeat yang dihasilkan sesuai dengan standar PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 dari parameter fisika, kimia, dan biologi yang memenuhi persyaratan air minum. *Lifetime* membran

didapatkan setelah membran berjumlah 148 buah dapat menghasilkan air minum sebanyak 38,879 L, sedangkan *lifetime* untuk membran berjumlah 118 buah didapatkan setelah menghasilkan air minum sebanyak 9,87 L. Selain itu jika dihitung nilai ekonomisnya, pemakaian membran dalam pengolahan air minum dapat menghemat 50% dibandingkan dengan pembelian air minum kemasan 600 ml.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. P. S. R. A. Prahady, Pengolahan Air Rawa Menjadi Air Bersih di Daerah Timbangan Indralaya (-3,201341 LS 104,6513881 BT) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang, 2015.
- [2] Kemenkes, Peraturan Kemenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, Kemenkes RI, 2010.
- [3] M. S. Gomotsegang F. Molelekwa, Preliminary Studies on Membrane Filtration for the Production of Potable Water: A Case of Tshaanda Rural Village in South Africa. *PLOS One*, vol. 9(8), hal.. 1-10, 2014.
- [4] M. T. Nor, Ground Water Treatment by Ultrafiltration. *Jurnal Kejuruteraan*, vol. 1, hal. 27-35, 1989.
- [5] R. S. Mark Rohit Francis, Effectiveness of Membrane Filtration to Improve Drinking Water: A Quasi-Experimental Study from Rural Southern India. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 95(5), hal. 1192-1200, 2016.
- [6] L. Y.-n.-j. Xia Sheng-ji, Drinking water production by ultrafiltration of Songhuajiang River with PAC adsorption. *Journal of Environmental Sciences*, vol. 19, hal. 536-539, 2007.

- [7] A. Julialdi, Penelitian Perancangan Alat Pengolahan Air Minum Portable dengan Media Filter Membran Ultrafiltrasi. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2015.

- [8] R. M. Fajar Muhammad Ramadhan, Proses Pengolahan Air Tanah menjadi Air Minum dengan Media Filter Membran Ultrafiltrasi. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2016.

- [9] P. P. P. A. J. B. Fitri Auliani, Penelitian Perancangan Proses Pengolahan Air Minum Portable dengan Media Filter Membran Ultrafiltrasi. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2014.

- [10] M. Kurlansky, Salt : A World History. Walker Publishing Company, 2002.

- [11] Wenten, Pengantar Teknologi Membran. Bandung: Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung, 2010.

- [12] B. S. Nasional, SNI-01-2332-1991, Badan Standardisasi Nasional, 1991.