Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume XI, No.4, Oktober 2026 Hal 21791 - 21796
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

Pengaruh Tekanan Kerja Pada Unit Pengolahan Air Minum Berbasis *Double Membrane* (*Ultra Low Pressure)*

Muhammad Ajrun Azim*, Yuniar, Yulianto Wasiran

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang
***Koresponden email**: ajrunazim12@gmail.com

Diterima: 15 Agustus 2026 Disetujui: 22 Agustus 2026

Abstract
Clean water is fundamental need, yet many ground water sources in Indonesia are contaminated, including wells in Sukomoro. This study aims to evaluate the effectiveness of the Goldy Ultra Low Pressure (ULP) membrane in a double membrane drinking water treatment system under varying operating pressures. The independent variable was operating pressure (3-7) bar, while the dependent variables included water quality parameters: physical (pH, TDS), chemical (Fe, Mn, Cl^-, NO_2^-), and microbiological (*E. coli, Coliform*). The research was conducted at the energy engineering laboratory of Politeknik Negeri Sriwijaya over six months. Results indicated that increasing operating pressure up to 6 bar significantly reduced TDS, Fe, Mn, Cl^- and NO_2^- concentrations, while completely removing *Escherichia coli* and *Coliform*. The optimal condition was achieved at 5-6 bar, producing water that met the quality standards of Indonesian regulation No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Thus, the Goldy ULP membrane based system is proven effective, energy- efficient, and applicable for community-scale water treatment.
Keywords: *drinking water, membrane, reverse osmosis, goldy ulp, operating pressure*

Abstrak
Air bersih merupakan kebutuhan mendasar, namun masih banyak sumber air tanah di Indonesia yang tercemar, termasuk air sumur di daerah Sukomoro, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas membran Goldy Ultra Low Pressure (ULP) dalam sistem pengolahan air minum berbasis double membran terhadap variasi tekanan kerja. Variabel bebas berupa tekanan kerja (3-7 bar), sedangkan variabel terikat adalah kualitas air hasil filtrasi, meliputi parameter fisika (pH, TDS), kimia (Fe, Mn, Cl^-, NO_2^-) dan mikrobiologi (*E. coli, Coliform*). Pengujian ini dilakukan di laboratorium teknik energi Politeknik Negeri Sriwijaya selama enam bulan, hasil menunjukkan bahwa peningkatan tekanan kerja hingga 6 bar mampu menurunkan kadar TDS, Fe, Mn, Cl^- dan NO_2^- secara signifikan, serta menghilangkan total bakteri *Escherichia coli* dan *Coliform.* Kondisi optimal diperoleh pada tekanan 5-6 bar, dimana kualitas air hasil pengolahan telah memenuhi standar Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Dengan demikian, sistem pengolahan air minum berbasis membran Goldy ULP berpotensi menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas air baku Sukomoro.
Kata Kunci: *air minum, membran, reverse osmosis, goldy ulp, tekanan kerja*

1. Pendahuluan

Air minum yang aman dan layak konsumsi merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia. Namun, banyak sumber air di Indonesia, termasuk air sumur Sukomoro, masih mengandung kontaminan berupa logam berat (Fe, Mn), ion anorganik (Cl^-, NO_2^-), TDS tinggi, serta bakteri *E. coli*. Kondisi tersebut dapat membahayakan kesehatan apabila dikonsumsi tanpa pengolahan [1]. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah *reverse osmosis* (RO). Sistem ini menggunakan membran *semi-permeabel* yang mampu menurunkan TDS, logam berat, dan *mikroorganisme*. Penggunaan membran *ultra low pressure* (ULP), seperti *Goldy* ULP-2012-100, dirancang untuk bekerja pada tekanan rendah namun tetap efisien dalam menghasilkan air minum berkualitas [2].

Penelitian sebelumnya menunjukan bahwa variasi tekanan kerja memengaruhi kinerja RO dalam menurunkan TDS dan meningkatkan *fluks permeat*. Namun, tekanan yang terlalu tinggi dapat mempercepat kompaksi membran dan mengurangi masa pakainya. Oleh karena itu, penting dilakukan evaluasi untuk menentukan tekanan kerja optimal agar sistem tetap efisien dan hasil air memenuhi standar Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 [3].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukan bahwa variasi tekanan operasi berpengaruh terhadap kinerja membran dalam menurunkan TDS. Penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa tekanan optimum diperlukan untuk menjaga keseimbangan antara *fluks permeat* dan efisiensi rejeksi ion.

Tekanan yang terlalu tinggi juga dapat mempercepat kompaksi membran dan menurunkan umur pakainya [4].

Tabel 1. Standar Kualitas Air Minum Berdasarkan Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010

Parameter	Satuan	Batas Maksimum
pH	-	6,5 – 8,5
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	500
Besi (Fe)	mg/L	0,3
Mangan (Mn)	mg/L	0,1
Klorida (Cl^-)	mg/L	250
Nitrit (NO_2^-)	mg/L	3
Escherichia coli	per 100 mL	0

Sumber: Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Persyaratan Kualitas Air minum

Penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan membran Goldy ULP dalam sistem *double membrane* dengan variasi tekanan kerja menggunakan air sumur Sukomoro sebagai studi kasus lokal [5]. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dalam penyediaan air minum layak konsumsi pada wilayah yang masih mengandalkan sumur sebagai sumber utama [6]. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan pengaruh variasi tekanan kerja pada sistem pengolahan air minum berbasis double membran Goldy ULP, serta menemukan tekanan optimal yang mampu menghasilkan air dengan kualitas sesuai Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 [7].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan yaitu Februari hingga Juli 2025, di laboratorium teknik energi Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Penelitian ini melibatkan variabel bebas berupa tekanan kerja (3, 4, 5, 6, dan 7 bar), serta variabel terikat berupa kualitas air hasil pengolahan (pH, TDS, Fe, Mn, Cl, NO_2^- dan *E. Coli)*. Berikut dijabarkan secara lebih rinci alat, bahan, dan tahapan penelitian.

2.1 Alat dan Bahan

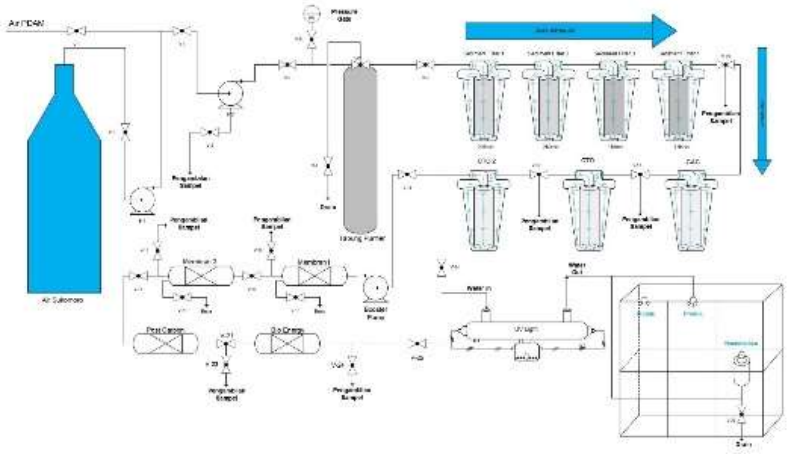
Sistem filtrasi terdiri dari sediment filter, *granular activated carbon* (GAC), *carbon block* (CTO), membran Goldy ULP-2012-100 (*double membrane)*, *post-carbon*, dan UV *sterilizer*. Peralatan analisis meliputi pH meter digital (SNI 06-6989.11-2004), TDS meter digital, s*pektrofotometri* (untuk logam Fe dan Mn), titrasi argentometri (Cl^-), *Spektrofotometri diazotasi* (NO_2^-), serta metode MPN (*most probable number*) untuk uji *E.coli*.



Gambar 1. Skema Unit Alat Pengolahan Air Minum

2.2 Prosedur Penelitian

Air baku mula–mula dialirkan ke dalam sistem filtrasi melalui tahapan pretreatment yang terdiri dari sediment filter, GAC, dan CTO. Selanjutnya, air dipompa menggunakan pompa bertekanan agar dapat melewati unit *double membrane Goldy* ULP. Permeat yang dihasilkan kemudian melalui tahap *post-treatment* berupa *post-carbon* dan UV *sterilizer* sebelum akhirnya dikumpulkan sebagai air hasil. Sampel dari hasil ini dianalisis di laboratorium untuk mengetahui parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi.



Gambar 2. Blok Diagram Prosedur Percobaan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Air Sukomoro dianalisis sebelum dilakukan pengolahan menggunakan sistem double membran. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 2 bahwa beberapa parameter melebihi batas baku mutu berdasarkan Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Hasil ini menunjukkan bahwa air baku Sukomoro memerlukan pengolahan lebih lanjut agar layak konsumsi.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air Baku Sukomoro

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu
pH	5,8	6,5–8,5
TDS (mg/L)	632	500
Kekeruhan (NTU)	7,4	5
Besi (Fe, mg/L)	0,48	0,3
Mangan (Mn, mg/L)	0,22	0,1
Klorida (Cl^-, mg/L)	289	250
Nitrit (NO_2^-, mg/L)	3,8	3,0
E. coli (MPN/100 mL)	24	0

Sumber: Baku Mutu Permenkes No 492/MENKES/PER/IV/2010

3.2 Pengaruh Tekanan Kerja Terhadap Kualitas Air

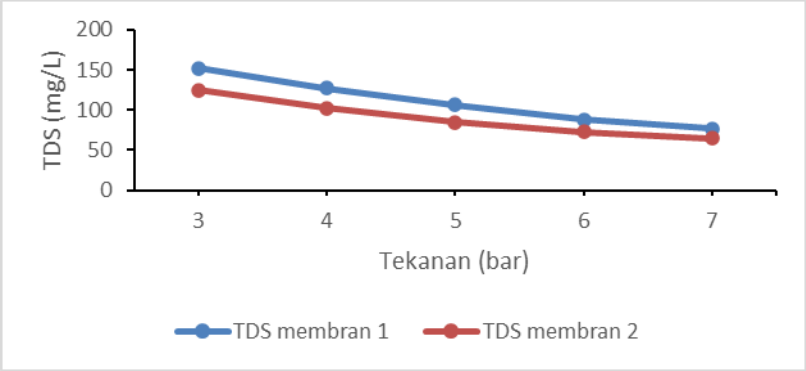
Pengolahan dilakukan dengan variasi tekanan kerja 3, 4, 5, 6, dan 7 bar, hasil uji kualitas air olahan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Uji Kualitas Air Setelah Pengolahan Dengan Variasi Tekanan Kerja

Parameter	Satuan	Baku Mutu	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar
pH	-	6,5–8,5	6,6	6,8	7,0	7,1	7,1
TDS	mg/L	500	280	240	200	195	190
Fe	mg/L	0,3	0,18	0,12	0,08	0,07	0,06
Mn	mg/L	0,1	0,09	0,06	0,04	0,03	0,03
Cl^-	mg/L	250	160	150	120	118	115
NO_2^-	mg/L	3	1,8	1,2	0,9	0,8	0,7
E. coli	MPN/100mL	0	0	0	0	0	0

Berdasarkan hasil tersebut, peningkatan tekanan kerja memberikan pengaruh nyata terhadap kualitas air hasil pengolahan. TDS menurun dari 280 mg/L pada 3 bar menjadi 200 mg/L pada 5 bar, yang sudah berada di

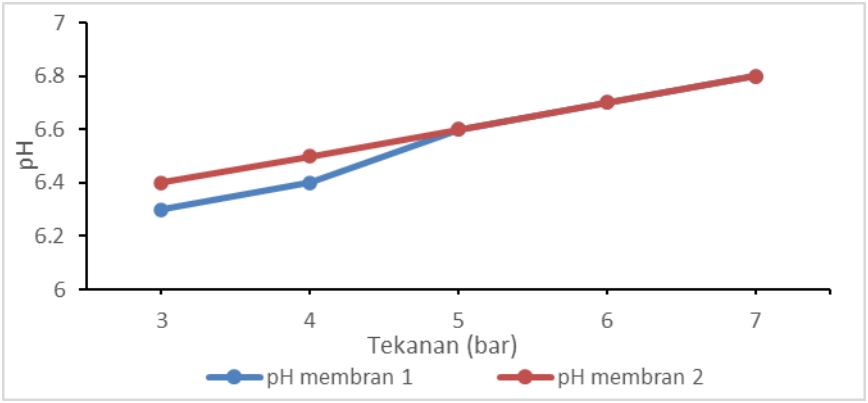
bawah ambang batas baku mutu. Konsentrasi Fe dan Mn juga menurun signifikan hingga di bawah ambang batas baku mutu. Nilai pH juga mengalami kenaikan dari 6,6 menjadi 7,1 mendekati kondisi netral. Hal ini menunjukkan bahwa sistem *double membrane Goldy* ULP efektif dalam memperbaiki kualitas air baku Sukomoro.



Gambar 3. Pengaruh Tekanan Kerja Terhadap TDS

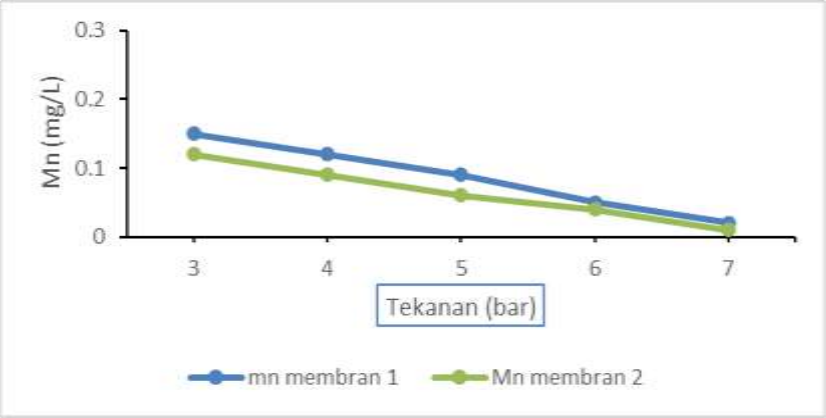
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara tekanan kerja dengan kadar *total dissolved solid* (TDS) pada membran 1 dan 2. Secara umum, terlihat adanya penurunan nilai TDS seiring dengan peningkatan tekanan kerja dari 3 hingga 7 bar. Pada membran 1, nilai TDS berkurang dari 150 mg/L menjadi 78 mg/L, sedangkan pada membran 2, penurunan terjadi dari 125 mg/L menjadi 65 mg/L.

Penurunan TDS ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tekanan kerja, proses filtrasi pada sistem membran menjadi lebih efektif dalam menurunkan zat terlarut di dalam air. Hal ini membuktikan bahwa air hasil pengolahan dengan membran 2 sudah memenuhi standar kualitas air minum untuk parameter TDS, penurunan konsentrasi TDS seiring dengan peningkatan tekanan kerja menunjukkan bahwa tekanan operasi berperan terhadap kinerja pemisahan membran. Peningkatan tekanan memberikan gaya dorong yang lebih besar pada proses perpindahan air melalui membran, sehingga proses pemisahan zat terlarut menjadi lebih efektif. Hasil menunjukkan bahwa tekanan operasi pada sistem *reverse osmosis* berpengaruh terhadap penyisihan TDS dan ion klorida. Meskipun demikian, peningkatan tekanan perlu dikendalikan karena tekanan yang terlalu tinggi dapat memengaruhi kondisi dan kinerja membran. Oleh karena itu, pemilihan tekanan operasi perlu mempertimbangkan kualitas air hasil pengolahan serta kestabilan kinerja membran.



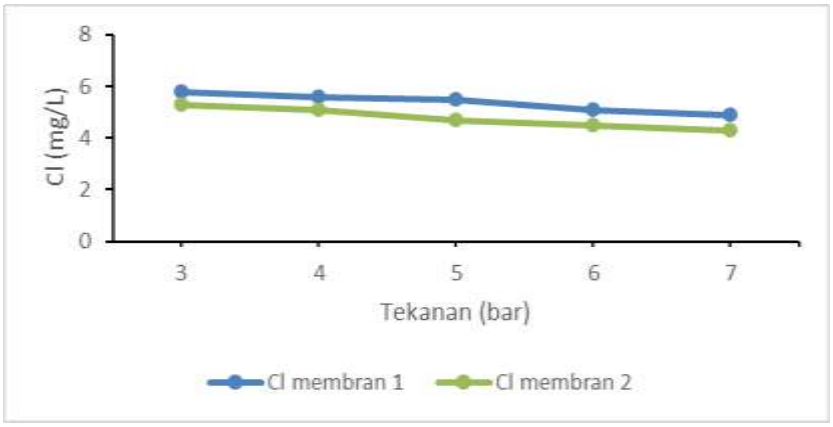
Gambar 4. Pengaruh Tekanan Terhadap pH

Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara tekanan kerja dengan nilai pH pada membran 2. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan tekanan kerja, yaitu dari 6,4 pada tekanan 3 bar menjadi 6,8 pada tekanan 7 bar. Peningkatan pH ini menandakan bahwa proses filtrasi dengan tekanan lebih tinggi mampu menjaga kestabilan kondisi kimia air. Nilai pH yang diperoleh masih berada dalam rentang standar kualitas air minum untuk parameter pH. Perubahan nilai pH selama proses pengolahan menunjukkan adanya perubahan karakteristik kimia air setelah melewati sistem membran. Pada penelitian ini, nilai pH mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan tekanan kerja dan tetap berada dalam rentang baku mutu yang ditetapkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa variasi tekanan yang digunakan tidak menyebabkan nilai pH air hasil pengolahan keluar dari rentang yang dipersyaratkan untuk kualitas air minum



Gambar 5. Pengaruh tekanan kerja terhadap Mn

Gambar 5 menunjukkan pengaruh tekanan kerja terhadap kadar Mangan (Mn) pada membran 2. Konsentrasi Mn mengalami penurunan cukup signifikan dari 0,05 mg/L pada tekanan 3 bar menjadi 0,01 mg/L pada tekanan 5 bar hingga 7 bar. Hasil ini menunjukkan bahwa membran mampu mengurangi kadar Mn secara efektif pada tekanan tertentu. Dengan demikian, konsentrasi Mn dari filtrasi sudah berada jauh di bawah ambang batas maksimum. Untuk kualitas air dari sisi logam berat masih aman untuk dikonsumsi. Penurunan konsentrasi Mn menunjukkan bahwa sistem pengolahan mampu meningkatkan kualitas air dari aspek kandungan logam. Konsentrasi Mn pada membran 2 menurun dari 0,05 mg/L pada tekanan 3 bar menjadi 0,01 mg/L pada tekanan 5–7 bar. Nilai tersebut telah berada di bawah batas maksimum Mn sebesar 0,1 mg/L berdasarkan Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Hasil ini menunjukkan bahwa pada tekanan 5 bar, konsentrasi Mn telah mencapai nilai rendah dan relatif stabil hingga tekanan 7 bar.



Gambar 6. Pengaruh Tekanan Kerja Terhadap Cl^-

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara tekanan kerja dengan konsentrasi ion klorida (Cl^-) pada membran 2. Nilai Cl^- mengalami penurunan dari 5,3 mg/L pada tekanan 3 bar menjadi 4,3 mg/L pada tekanan 7 bar. Tren ini menunjukkan bahwa peningkatan tekanan kerja berperan dalam menurunkan konsentrasi ion terlarut, termasuk ion klorida. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar Cl^- secara konsisten berada jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan. Artinya, air hasil pengolahan dengan sistem membran sudah memenuhi syarat kelayakan air minum dari segi kandungan klorida.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, teknologi reverse osmosis dengan konfigurasi double membrane ULP (Ultra Low Pressure) terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air baku Sukomoro sehingga parameter kualitas air yang diuji memenuhi baku mutu air minum berdasarkan Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Variasi tekanan kerja dari 3 hingga 7 bar memberikan pengaruh terhadap kualitas air hasil pengolahan, di mana peningkatan tekanan secara umum menyebabkan penurunan konsentrasi TDS, Fe, Mn, Cl^-, dan NO_2^-, sedangkan nilai pH cenderung meningkat menuju kondisi netral. Peningkatan tekanan kerja juga meningkatkan kinerja proses pemisahan membran, namun tekanan operasi perlu ditentukan secara optimal untuk memperoleh keseimbangan antara kualitas permeat, fluks, dan efisiensi rejeksi serta menghindari risiko kompaksi membran pada tekanan yang terlalu tinggi. Berdasarkan kualitas air hasil pengolahan, penggunaan membran ULP dengan konfigurasi double membrane memiliki

potensi untuk diterapkan sebagai teknologi pengolahan air minum, khususnya pada sumber air dengan karakteristik seperti air baku Sukomoro.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, pihak laboratorium dan jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, rekan-rekan kelompok penelitian, serta keluarga dan para sahabat atas segala bentuk dukungan dan bimbingan dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. Referensi

[1] E. Elfiana, M. Sami, S.K. Intan, Kurniati, A. Aziz and S. Farisha, "Pengaruh waktu dan Tekanan Operasi Membran Keramik Mikrofiltrasi Tubular terhadap Koefisien Rejeksi Warna Air Rawa secara Crossflow Filtration," Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe, vol. 5, no. 1, 2021.

[2] Yuliati S. Pengolahan air menggunakan membran ultrafiltrasi sebagai upaya mendukung gerakan nasional atasi krisis air bersih. Jurnal Purifikasi 2012;13(2):101-108

[3] A. Rifai, D. R. K. Hartaja, O. Sulaeman, I. Setiadi, I. N. Ikhsan, M. R. Darmawangsa, C. Ardiana, A. Sofian, and Yunus, "Pengaruh tekanan pada reverse osmosis terhadap penyisihan kadar ion klorida (Cl^-) dan Total Dissolved Solids (TDS) pada pengolahan air payau," Jurnal Teknologi Lingkungan, vol. 25, no. 2, pp. 300–307, 2024, doi: 10.55981/jtl.2024.705.

[4] W. W. Nandari, A. Utami, E. Yogafanny, and M. T. Kristiati, " Pengolahan Air Terproduksi dengan Membrane Bioreaktor di Wilayah Penambangan Wonocolo," Eksergi, Vol. 15, No. 2, pp. 34-40, 2018.

[5] R. W. Baker, Membrane Technology and Applications, 3rd ed. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons, 2012, doi: 10.1002/9781118359686

[6] M. A. Shannon, P. W. Bohn, M. Elimelech, J. G. Georgiadis, B. J. Marinas, and A. M. Mayes, "Science and technology for water purification in the coming decades," Nature, vol. 452, no. 7185, pp. 301–310, 2008, doi: 10.1038/nature06599.

[7] A. R. Sitohang, S. Yuliati, and A. Hasan, " Pengaruh PAC dan Variasi Tekanan Pada Pemurnian Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Polisulfon Ultrafiltrasi," Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia, vol. 2, no. 9, pp. 411-416, 2022, doi: 10.52436/1.jpti.219.

[8] O. Sulaeman and C. Ardiana, "Aplikasi Teknologi Pengolahan Air Asin Menggunakan Membran Reverse Osmosis di Pulau Barrang Caddi, Makassar," Jurnal Rekayasa Lingkungan, vol. 13, no. 1, pp. 71-84, 2020, doi:10.29122/jrl.v13i1.4294.

[9] J. Suhartono, A. Salsabilla, and D. Rosalina, "Pengurangan Kandungan Total Dissolved Solid (TDS), Konduktivitas dan Natural Organic Matter (NOM) pada Air Baku Bendungan Jatiluhur Menggunakan Kombinasi Membran dan Ion Exchange," Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, vol. 8, no. 2, pp. 106-115, 2024, doi:10.32493/jitk.v8i2.38730

[10] A. Syarifudin, Z. Ali As, and G. Setiadi, "Efektivitas portable UV disinfection dalam menurunkan angka bakteri (Escherichia coli spp.) pada air minum," Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan, vol. 11, no. 2, 2014, doi: 10.31964/jkl.v11i2.15.

[11] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2010.

[12] Purnama AT, Nurjanah S, Ramadhani S. Efektivitas sinar ultraviolet dalam menonaktifkan Escherichia coli pada air minum. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia. 2022;21(2):67-74.

[13] Sunarto A, Sulastri S, Fahmi R. Efektivitas kombinasi media arang aktif dan zeolit dalam menurunkan kandungan logam Fe dan Mn pada air tanah. Jurnal Teknologi Lingkungan 2023;24(1):59-66.

[14] Y. Trianah and S. Sani, "Keefektifan Metode Filtrasi Sederhana dalam Menurunkan Kadar Mn (Mangan) dan Fe (Besi) Air Sumur di Kelurahan Talang Ubi Kabupaten Musi Rawas," Jurnal Deformasi, vol. 8, no.1, pp. 90-99, 2023.

[15] World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Geneva: WHO;2017.