

Pengaruh Tekanan Operasi dan Air Baku pada Unit Pengolahan Air Minum Berbasis *Single Membran Goldy ULP 2012-100G*

Annisa Nur Shafa*, Yuniar, Muhammad Yerizam

Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Koresponden email: annisanurshafa7@gmail.com

Diterima: 10 November 2025

Disetujui: 18 November 2025

Abstract

The demand for high-quality and safe drinking water continues to increase in line with population growth and limited clean water sources. This study aims to analyze the effect of operating pressure and raw water sources (PDAM water and Sukomoro water) on the quality of drinking water produced by the Reverse Osmosis (RO) process using the Goldy ULP-2012-100G membrane. The research was conducted at the Energy Engineering Laboratory of Politeknik Negeri Sriwijaya over a period of six months, using pressure variations ranging from 3 to 7 bar. The parameters analyzed included TDS, pH, permeate flux, and rejection efficiency. The results showed that increasing operating pressure positively affected TDS removal efficiency, permeate flux, and pH improvement. The optimal pressure was found at 6 bar, achieving a 95% rejection rate and the highest permeate flux. PDAM water yielded more stable results compared to Sukomoro water, which showed fluctuations in the second trial, possibly due to fouling. The treated water from both sources met the drinking water quality standards based on the Indonesian Ministry of Health Regulation No. 492 of 2010 and No. 2 of 2023. This study confirms that the RO system using the Goldy ULP-2012-100G membrane can effectively process various raw water sources into potable water, with the best efficiency achieved at 6 bar of operating pressure.

Keywords: *reverse osmosis, operating pressure, pdam, sukomoro, membrane goldy ULP 2012-100G, drinking water quality*

Abstrak

Permintaan air minum berkualitas dan aman semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan keterbatasan sumber air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tekanan kerja dan jenis bahan baku (air PDAM dan air Sukomoro) terhadap kualitas air minum hasil proses Reverse Osmosis (RO) dengan menggunakan membran Goldy ULP-2012-100G. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya selama enam bulan, menggunakan variasi tekanan 3–7 bar. Parameter yang dianalisis meliputi TDS, pH, fluks permeat dan efisiensi rejeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tekanan kerja berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi penyisihan TDS, fluks permeat, dan perbaikan nilai pH. Tekanan optimal dicapai pada 6 bar, dengan efisiensi rejeksi mencapai 95% dan fluks permeat tertinggi. Air PDAM menghasilkan kualitas lebih stabil dibanding air Sukomoro, yang menunjukkan fluktuasi pada percobaan kedua akibat kemungkinan fouling. Air hasil olahan dari kedua sumber telah memenuhi standar kualitas air minum sesuai Permenkes RI No. 492 Tahun 2010 dan Permenkes No. 2 Tahun 2023. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem RO dengan membran Goldy ULP-2012-100G mampu mengolah air baku dari berbagai sumber menjadi air minum yang layak konsumsi, dengan efisiensi terbaik pada tekanan kerja 6 bar.

Kata Kunci: *reverse osmosis, tekanan operasi, PDAM, sukomoro, membran goldy ULP 2012-100G, kualitas air minum*

1. Pendahuluan

Air minum sangat penting bagi manusia, dan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Air yang digunakan harus memenuhi standar sebagai air layak minum dan aman bagi kesehatan serta berkualitas. Oleh karena itu air yang digunakan harus memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Permenkes Nomor 492 tahun 2010 yang menetapkan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung di minum [1].

Air minum yang memenuhi kriteria fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radio aktif dianggap aman bagi kesehatan manusia [2]. Persyaratan air minum yang aman dikonsumsi apabila tidak terdapat unsur bakteri dan kandungan kimia seperti timbal, dan lain-lain. Hal tersebut bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel debu, bakteri *E.coli* dan *Coliform* dari air minum yang dihasilkan.

Air minum adalah air yang digunakan oleh orang untuk minum. Departemen Kesehatan mengatakan air minum harus memenuhi kriteria: tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna dan tidak mengandung logam berat. Meskipun manusia dapat meminum air dari sumber alam, ada kemungkinan bahwa air tersebut tercemar oleh bakteri atau zat berbahaya. Mengolah air hingga 100°C dapat membunuh bakteri, tetapi tidak dapat menghilangkan banyak zat berbahaya, terutama logam [3].

Air minum yang dikonsumsi harus steril dan kandungan mikroba tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh menteri oleh SNI dan peraturan yang ditetapkan oleh menteri kesehatan. Meskipun air minum adalah air yang layak untuk dikonsumsi, pengadaan air minum menjadi semakin sulit saat konsumen membutuhkan ketersediaan air minum yang mudah didapat [4]. Semakin tinggi tekanan yang diberikan mengakibatkan garam yang melewati membran semakin sedikit. Hal ini disebabkan oleh tingginya tekanan air umpan akan membuat pori-pori membran semakin cepat mengecil karena partikel-partikel garam yang tertahan, kemudian partikel akan semakin banyak tertahan pada permukaan membran, yang menyebabkan rejeksi semakin tinggi. Berbeda halnya dengan pengaruh konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi mengakibatkan presentasi rejeksi garam yang melewati membran sangat kecil. Hal ini disebabkan karena kandungan garam (salinitas) dalam air payau masih terlalu tinggi. Selain itu tekanan yang terlalu rendah yang menyebabkan membran Bekerja tidak maksimal untuk mengolah air payau menjadi air bersih [5].

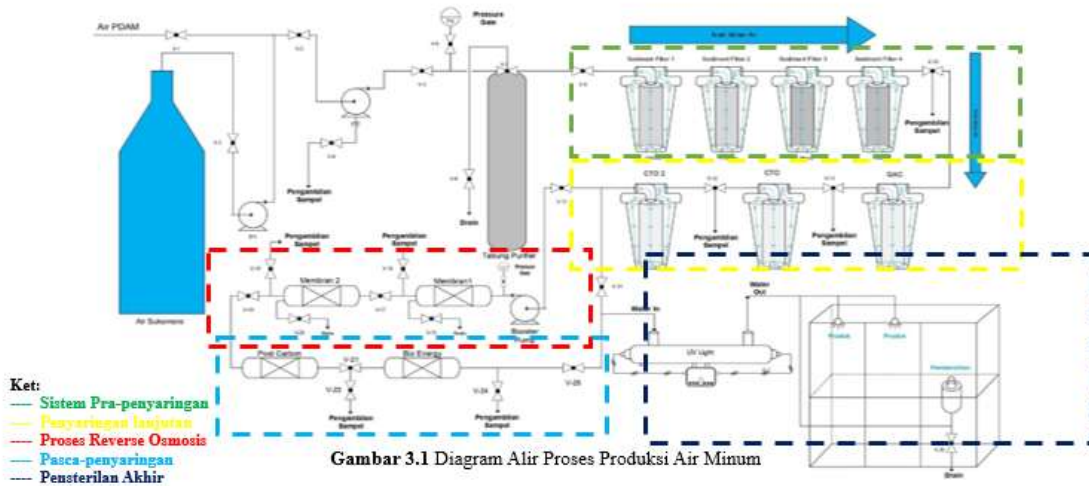
Membran Reverse Osmosis (RO) dengan pengaruh laju alir dan tekanan, data spesifikasi variabel yang digunakan dalam penelitian adalah laju alir 3-11 liter/menit dan tekanan 1-12 bar. Memperoleh hasil yang dapat menunjukkan bahwa membran RO dapat menghasilkan air demineral dari air baku pada kondisi operasi yakni tekanan 2 bar dan laju alir 9 liter/menit. Kemampuan penyisihan TDS sebesar 98,24% dengan penurunan kadar awal TDS 114 ppm menjadi 2 ppm [6]. Pengolahan limbah buangan AC menjadi air demin, didapat bahwa nilai terbaik dihasilkan pada penggunaan tekanan operasi 80 Psia selama 45 menit dengan nilai pH 6,96, konduktivitas 4,90 us/cm, dan TDS 4,50 mg/l [7].

2. Metode Penelitian

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah air PDAM dan air Sukomoro, serta rangkaian rakitan filter sistem reverse osmosis seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Pada sumber bahan baku yang dipakai adalah Air PDAM dan Air Sukomoro. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan salah satu perusahaan daerah yang bergerak dalam pengolahan air baku menjadi air yang dapat dikonsumsi atau diminum [8]. Air baku bersumber dari air tanah, air permukaan, air hujan, dan mata air. Pemanfaatan air tanah sebagai suplai air bersih terutama di daerah yang tidak terjangkau oleh pelayanan jaringan induk PDAM Kota [9].

Air Sukomoro merupakan air yang berasal dari sumur galian. sumur bor atau sumur galian berasal dari lapisan tanah yang sangat dekat dengan permukaan, sehingga rentan terhadap kontaminasi dan penggunaan rumah tangga karena rembesan kotoran manusia dan hewan. Agar tanah yang dibor dapat menyediakan air bersih yang memenuhi peraturan yang ditetapkan, persyaratan konstruksi untuk instalasi sumur gali harus dipenuhi. Lubang bor air tanah dibuat dengan mengebor bahan tanah yang tidak padat menggunakan peralatan lubang bor besar. Struktur lubang bor ini memiliki berbagai jenis berdasarkan kondisi akuifer dan kualitas air. Lubang air biasanya berdiameter 60 hingga 200 meter [10].

Penelitian ini terdiri dari lima tahap proses pengolahan yaitu proses pra-penyaringan (terdiri dari empat buah filter sedimentasi), proses penyaringan lanjutan (terdiri dari filter *Granular Activated Carbon (GAC)* dan filter *Chlorine, Taste & Odor (CTO)*), Proses *reverse osmosis*, Proses pasca-penyaringan (terdiri dari filter *Post Carbon* dan filter *Bio Energy*), dan Proses Pensterilan akhir yang menggunakan sinar ultraviolet (UV), serta uji air minum yang telah dihasilkan. Variasi percobaan dilakukan terhadap tekanan pada aliran yang akan masuk ke dalam membran reverse osmosis terhadap pH, TDS, dan suhu pada air keran PDAM dan Air Sukomoro.



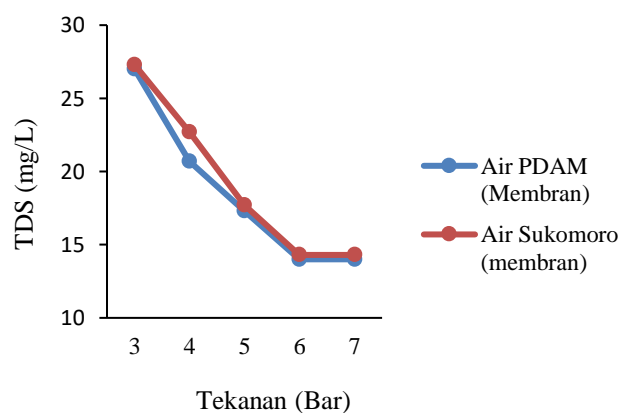
Gambar 1. Diagram alir proses produksi air minum

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini telah dibuat peralatan pengolahan air minum dengan metode RO (*reverse osmosis*). Alat ini dilengkapi dengan empat filter sediment, dua filter CTO (*Chlorine, Taste & Odor*), satu filter GAC (*Granular Activated Carbon*), satu membran RO dan tangki penampungan air. Proses Reverse Osmosis yaitu air yang telah diolah oleh filter – filter tambahan kemudian akan diumpamakan ke membran. Reverse Osmosis dengan menggunakan pompa booster. Membran Reverse Osmosis yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pori dengan ukuran 0,0001 micron dan membran area 0,46 m².

Pengaruh Tekanan Operasi dan Bahan Baku terhadap TDS

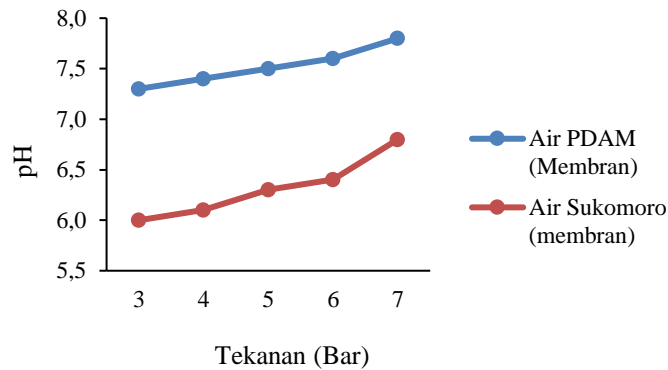
Pada **Gambar 2** merupakan grafik pengaruh Tekanan Operasi dan Air baku terhadap TDS, TDS atau *total dissolved solid* merupakan terlarutnya zat padat, baik berupa ion, senyawa, dan koloid dalam air. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), kadar TDS dalam air minum tidak boleh melebihi 300 ppm [8], PERMENKES No. 492 tahun 2010 menetapkan bahwa standar TDS maksimum tidak boleh melebihi 500 mg/L atau 500 ppm [11]. Dari data yang di dapat, peningkatan tekanan operasi dari 3 hingga 6 bar memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap penurunan TDS pada kedua jenis air baku (PDAM dan Sukomoro). Ini membuktikan bahwa tekanan adalah faktor dalam penyisihan TDS. Pada tekanan 6 bar, sistem mencapai titik optimalnya. Peningkatan tekanan lebih dari 6 bar tidak memberikan manfaat lagi dalam hal penurunan TDS. TDS hasil olahan menjadi stabil di angka 14 mg/L untuk kedua air baku. Tekanan operasi 6 bar adalah titik yang paling efisien untuk mencapai TDS terendah pada kedua air baku tanpa membuang-buang energi untuk peningkatan tekanan yang tidak memberikan hasil penurunan TDS.



Gambar 2. Pengaruh tekanan dan bahan baku terhadap TDS

Pengaruh Tekanan Operasi dan Bahan Baku terhadap pH

Pada **Gambar 3** merupakan grafik tekanan operasi dan bahan baku dengan pH, Membran semipermeabel reverse osmosis terdiri dari lapisan polimer, membran semipermeabel reverse osmosis harus memiliki sifat permeabilitas tinggi. Laju transportasi air melalui membran harus jauh lebih tinggi daripada laju transportasi ion terlarut, dan membran harus stabil terhadap perubahan pH dan suhu [12]. Berdasarkan data diatas didapat bahwa Air PDAM memiliki pH awal yang mendekati netral, yaitu 7,3 pada tekanan 3 bar. Pada air PDAM, peningkatan tekanan operasi cenderung menaikkan pH. Ini menunjukkan bahwa proses pengolahan yang terjadi pada tekanan yang lebih tinggi menghasilkan air dengan sifat yang sedikit lebih basa. Air Sukomoro memiliki pH awal yang bersifat asam, yaitu 6 pada tekanan 3 bar. Pada air Sukomoro, peningkatan tekanan operasi juga menaikkan pH, namun hasil akhir pH-nya tetap berada dalam kisaran asam (6,8 pada 7 bar) dan belum mencapai kondisi netral seperti air PDAM pada tekanan yang sama.

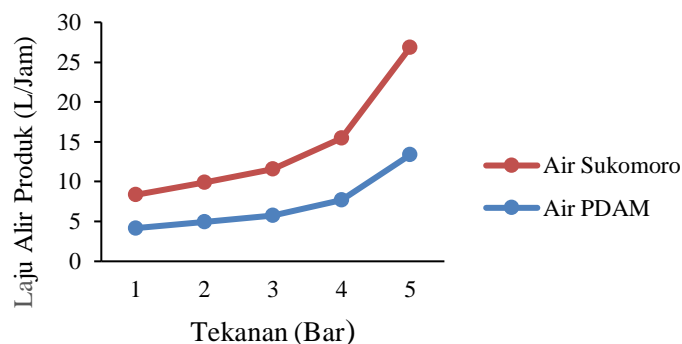


Gambar 3. Pengaruh tekanan dan bahan baku terhadap pH

Pengaruh Tekanan Operasi dan Bahan Baku terhadap Laju Alir

Pada **Gambar 4** merupakan grafik pengaruh tekanan dan bahan baku terhadap laju alir, menunjukkan peningkatan tekanan operasi pada membran reverse osmosis berbanding lurus dengan kenaikan laju alir produk baik pada air PDAM maupun air Sukomoro. Semakin tinggi tekanan yang diberikan, maka semakin besar gaya dorong yang mendorong molekul air melewati membran sehingga jumlah permeat yang dihasilkan juga semakin meningkat [13]. Namun demikian, terlihat adanya perbedaan signifikan antara dua jenis bahan baku yang digunakan. Laju alir produk dari air Sukomoro cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan air PDAM pada setiap tingkatan tekanan. Hal ini dapat dijelaskan melalui perbedaan karakteristik kualitas air baku, di mana air Sukomoro diduga memiliki kandungan zat terlarut atau TDS yang lebih rendah sehingga tekanan osmotik yang bekerja juga lebih kecil, menyebabkan air lebih mudah melewati membran.

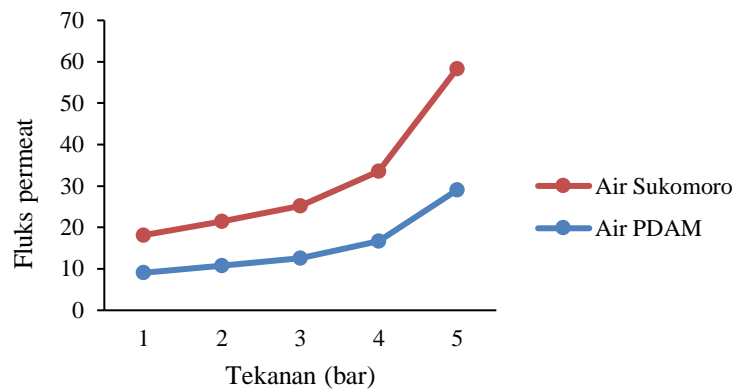
Sebaliknya, air PDAM yang telah melalui proses pengolahan kimia kemungkinan masih mengandung zat terlarut seperti kaporit atau residu koagulan yang menambah hambatan osmotik sehingga laju alir yang dihasilkan relatif lebih rendah. Pada tekanan rendah (1–3 bar), laju alir produk meningkat secara perlahan pada kedua jenis air baku, namun pada tekanan tinggi (4–5 bar), kenaikan laju alir terlihat jauh lebih signifikan, terutama pada air Sukomoro yang mengalami peningkatan tajam hingga melebihi 25 L/jam pada tekanan 5 bar. Perbedaan ini memperlihatkan bahwa kualitas bahan baku air sangat berpengaruh terhadap performa membran RO, dan penggunaan air Sukomoro terbukti lebih efisien dalam menghasilkan permeat dengan laju alir yang lebih tinggi dibandingkan dengan air PDAM pada kondisi tekanan yang sama.



Gambar 4. Pengaruh tekanan operasi dan bahan baku terhadap laju alir

Pengaruh Tekanan Operasi dan Bahan Baku terhadap Fluks Permeat

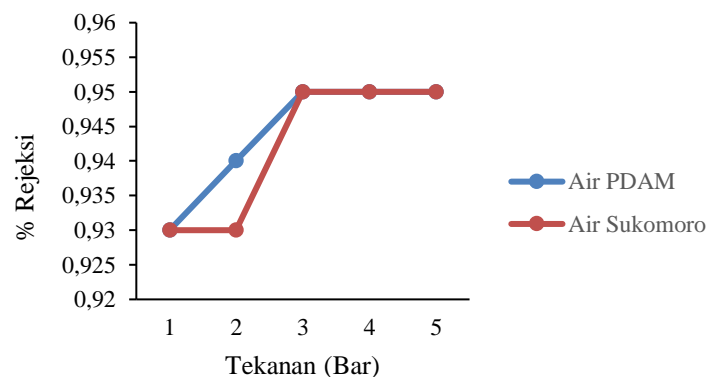
Pada **Gambar 5** merupakan grafik tekanan terhadap fluks permeat, hubungan antara tekanan operasi dengan fluks permeat pada bahan baku air Sukomoro dan air PDAM menunjukkan bahwa peningkatan tekanan secara umum berbanding lurus dengan kenaikan fluks permeat yang dihasilkan. Pada tekanan rendah, baik air Sukomoro maupun air PDAM memperlihatkan fluks permeat yang relatif kecil, namun ketika tekanan dinaikkan, terjadi peningkatan yang signifikan terutama pada air Sukomoro. Hal ini menunjukkan bahwa sifat fisikokimia air baku sangat berpengaruh terhadap performa membran. Air Sukomoro menghasilkan fluks yang lebih tinggi dibandingkan air PDAM pada setiap kenaikan tekanan, yang mengindikasikan bahwa kandungan zat terlarut maupun karakteristik osmotiknya berbeda, sehingga driving force yang dihasilkan lebih efektif dalam mendorong molekul air melewati membran. Sebaliknya, air PDAM meskipun lebih jernih dan telah melalui proses pengolahan, menunjukkan fluks permeat yang lebih rendah karena kemungkinan kandungan ion terlarut yang memengaruhi tekanan osmotik dan menurunkan laju alir efektif. Fluks permeat meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan tekanan operasi air umpan, tetapi menurun seiring dengan peningkatan salinitas air [14].



Gambar 5. Pengaruh tekanan operasi dan bahan baku terhadap fluks permeat

Pengaruh Tekanan Operasi dan Bahan Baku terhadap Fluks Permeat

Pada **Gambar 6** merupakan grafik pengaruh tekanan terhadap % rejeksi, hubungan antara variasi tekanan operasi (1–5 bar) dengan persen rejeksi membran reverse osmosis (RO) untuk dua jenis bahan baku, yaitu air PDAM dan air Sukomoro. Secara umum, terlihat bahwa peningkatan tekanan berpengaruh terhadap kenaikan persen rejeksi hingga mencapai kondisi tertentu yang kemudian cenderung stabil. Pada tekanan rendah (1 bar), nilai rejeksi untuk kedua jenis air masih relatif rendah, yaitu sekitar 92,5–93%. Hal ini disebabkan gaya dorong (driving force) yang masih kecil sehingga kemampuan membran dalam menahan zat terlarut belum optimal. Semakin tinggi persentase rejeksi, semakin tinggi nilai kadar yang diperoleh [15].



Gambar 6. Pengaruh tekanan operasi dan bahan baku terhadap % Rejeksi

Ketika tekanan dinaikkan ke 2 dan 3 bar, persen rejeksi meningkat signifikan baik untuk air PDAM maupun air Sukomoro, mendekati 94,5–95%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa tekanan yang lebih tinggi mampu memperbesar gaya dorong air menembus membran, sehingga memperkuat proses pemisahan dan menurunkan konsentrasi zat terlarut pada air permeat. Namun, setelah tekanan mencapai 3 bar ke atas, persen rejeksi tidak mengalami peningkatan yang berarti (cenderung *stagnan*). Hal ini menunjukkan bahwa membran telah mencapai kondisi optimum dimana kemampuan penolakan zat terlarut relatif stabil, meskipun tekanan operasi dinaikkan lagi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem Reverse Osmosis (RO) terbukti efektif dalam menghasilkan air minum yang memenuhi standar kualitas fisika, kimia, dan biologi sesuai Permenkes RI No. 492 Tahun 2010 dan Permenkes No. 2 Tahun 2023, dengan parameter TDS, kekeruhan, warna, pH, serta kandungan logam berat yang masih berada dalam batas aman. Variasi tekanan operasi berpengaruh signifikan terhadap kualitas air, di mana peningkatan tekanan dari 3 hingga 6 bar mampu menurunkan TDS secara optimal, meningkatkan pH, serta menaikkan efisiensi rejeksi hingga 95%, sehingga tekanan optimal untuk menghasilkan kualitas air terbaik adalah 6 bar karena memberikan keseimbangan antara mutu air dan efisiensi energi. Oleh karena itu, disarankan agar penggunaan tekanan kerja dioptimalkan pada 6 bar dan ditambahkan flowmeter sebelum umpan masuk ke membran RO untuk mengatur laju alir secara otomatis. Selain itu, monitoring rutin terhadap kondisi membran perlu dilakukan, terutama saat menggunakan air baku dengan kualitas rendah seperti air Sukomoro, guna mencegah fouling dan scaling yang dapat menurunkan efisiensi penyaringan.

5. Referensi

- [1] Permenkes, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Air Minum," 2010.
- [2] M. F. Lestari, Karmila, Risdamayanti, dan M. I. N. Fuady, "Sosialisasi Persyaratan Kualitas Air Minum Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 492/MENKES/PER/IV/2010 di Kabupaten Bantaeng," *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 4, hal. 1079–1086, 2022, doi: 10.31849/dinamisia.v6i4.10422.
- [3] V. Sisca, "Penentuan Kualitas Air Minum Isi Ulang Terhadap Kandungan Nitrat, Besi, Mangan, Kekeruhan, pH, Bakteri E.Coli dan Coliform," *Chempublish J.*, vol. 1, no. 2, hal. 21–31, 2016.
- [4] Y. Rusidah, L. Farikhah, dan Y. Mundriyastutik, "Analisis Kualitatif Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dan Air Minum Isi Ulang (AMIU) Yang Dijual Sekitar Kampus UMKU," *J. Perawat*, vol. 6, no. 1, hal. 22–32, 2021.
- [5] R. Saputra, "Pengaruh Variasi Tekanan dan Konsentrasi Air Payau Terhadap Rejeksi Membran Reverse Osmosis," Makassar, 2018.
- [6] A. A. Chairunissa, D. Prasetyo, dan E. Mulyadi, "Pembuatan Air Demineral Menggunakan Membran Reverse Osmosis (RO) Dengan Pengaruh Debit dan Tekanan," *J. Tek. Kim.*, vol. 15, no. 2, hal. 66–72, 2021, doi: 10.33005/jurnal_tekkim.v15i2.2544.
- [7] F. Suryani, Madagaskar, dan R. A. N. Moulita, "Analisis Pengaruh Waktu dan Tekanan Terhadap Demineralisasi Air Buangan AC dengan Metode Revese Osmosis," *J. Redoks*, vol. 7, no. 1, hal. 1–9, 2022, doi: 10.31851/redoks.v7i1.7924.
- [8] R. Zamora, H. Harmadi, dan W. Wildian, "Perancangan Alat Ukur Tds (Total Dissolved Solid) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, hal. 11, 2016, doi: 10.31958/js.v7i1.120.
- [9] W. B. Putra, N. I. K. Dewi, dan T. Busono, "Penyediaan Air Bersih Sistem Kolektif: Analisis Kebutuhan Air Bersih Domestik pada Perumahan Klaster," *J. Arsit. Terracotta*, vol. 1, no. 2, hal. 115–123, 2020, doi: <https://doi.org/10.26760/terracotta.v1i2.4018>.
- [10] M. Djana, "Analisis Kualitas Air Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Natar Hajimena Lampung Selatan," *J. Redoks*, vol. 8, no. 1, hal. 81–87, 2023, doi: 10.31851/redoks.v8i1.11853.
- [11] Saputra, Riki. *Penentuan Kadar Zat Padatan Terlarut Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Idi Rayeuk Kabupaten Aceh Timur*. Diss. Institut Kesehatan Helvetia, 2019.
- [12] Ragetisvara, Artia Anandea, and Harmin Sulistiyaning Titah. "Studi kemampuan desalinasi air laut menggunakan sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada kapal pesiar." *Jurnal Teknik ITS* 10.2 (2021): F68-F75.

-
- [13] Sari, Etika, R. T. Agung, and Rudi Laksmono. "Pengaruh Tekanan Reverse Osmosis pada Pengolahan Air Payau menjadi Air Bersih." *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 2.1 (2010): 78-87.
- [14] S. Shaaban dan H. Yahya, "Detailed analysis of reverse osmosis systems in hot climate conditions," *Desalination*, vol. 423, no. April, hal. 41–51, 2017, doi: 10.1016/j.desal.2017.09.002.
- [15] Berliana, Putri Dwi, Amelia Puspita Sari, and Ely Kurniati. "Pemisahan Ion Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ Dari Bittern Dengan Nanofiltrasi Untuk Produksi Garam Konsumsi." *Jurnal Integrasi Proses* 14.1 (2025): 66-71.