

Pengaruh Variasi Tekanan Fluida terhadap Air PDAM dengan Unit Pengolahan Air Minum *Reverse Osmosis*

Saskia Rizqi Maharani^{1*}, Yuniar^{2*}, Akbar Ismi Aziz Pramito³, Tahdid⁴

^{1,2,3}Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

⁴Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

*Koresponden email: saskiarizqimaharani@gmail.com, yuniar@polsri.ac.id

Diterima: 20 Desember 2026

Disetujui: 01 Februari 2026

Abstract

The quality of safe drinking water is essential for public health. This study aims to analyze the quality of drinking water produced by a treatment unit designed by the author, which is based on the Silvertec ULP-2012-100G reverse osmosis membrane and post carbon filter at fluid pressure variations of 4, 5, 6, 7, and 8 bar. The raw water used comes from the output of PDAM water that has undergone several filtration steps, including sediment filter, Granular Activated Carbon (GAC), CTO, RO membrane, and post carbon. The produced drinking water is evaluated following Indonesian Ministry of Health Regulation No. 2 of 2023 as a standard for high-quality drinking water that meets physical, chemical, and microbiological aspects, namely pH, TDS (Total Dissolved Solids), Fe, Mn, Cl, and NO₂. The research is conducted in the Energy Engineering Laboratory of State Polytechnic of Sriwijaya, Palembang. The water product that has undergone reverse osmosis membrane filtration followed by post-carbon treatment meets the drinking water quality standards in accordance with PERMENKES No. 2 Tahun 2023. The permeate flux and rejection percentage in the RO system exhibit a linear relationship, with rejection rates increasing as the fluid pressure rises. This demonstrates that fluid pressure significantly affects the performance of the RO membrane, thereby producing high-quality drinking water.

Keywords: *drinking water treatment, reverse osmosis membrane, post carbon, fluid pressure, PDAM water*

Abstrak

Kualitas air minum yang aman sangat penting untuk kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas produk air minum yang diperoleh dari unit pengolahan air minum yang hasil rancangan unit pengolahan air minum oleh penulis dengan berbasis membran *reverse osmosis* Silvertec ULP-2012-100G dan juga *post carbon* pada variasi tekanan fluida 4, 5, 6, 7 dan 8 bar. Air baku yang digunakan berasal dari keluaran air PDAM yang sebelumnya diproses melalui beberapa tahapan filtrasi, meliputi filter sedimen, *Granular Activated Carbon* (GAC), *Chlorine, Taste, and Odor* (CTO), membran *Reverse Osmosis* (RO), dan *Post Carbon*. Produk air minum ini juga mengacu pada Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 sebagai standar air minum berkualitas baik yang memenuhi aspek fisika, kimia, dan mikrobiologi. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang. Hasil produk air yang telah melalui membran reverse osmosis maupun post carbon keduanya memenuhi kualifikasi air minum sesuai dengan PERMENKES No. 2 Tahun 2023. Fluks permeat dan % rejeksi pada RO linier dan menghasilkan air dengan tingkat rejeksi yang semakin tinggi seiring meningkatnya tekanan fluida. Hal ini membuktikan bahwa tekanan fluida mempengaruhi kinerja membran RO sehingga menghasilkan produk air minum yang baik.

Kata Kunci: *pengolahan air minum, reverse osmosis, post carbon, tekanan fluida, air PDAM*

1. Pendahuluan

Air memiliki peran penting dalam kehidupan manusia [1]. Air dapat digunakan untuk keperluan sanitasi, kebersihan, proses industri, transportasi, pertanian, bahkan kesehatan. Dalam bidang industri, air juga bisa menjadi bahan baku, bahan tambahan, maupun media untuk mengolah segala produk mentah menjadi produk yang siap dipakai maupun dikonsumsi oleh manusia. Tidak hanya itu, yang paling fundamental dari kebutuhan-kebutuhan tersebut adalah air merupakan sumber dari segala kehidupan. Makhluk hidup seperti hewan, tumbuhan, bahkan manusia selalu bergantung pada persediaan air minum [2]. Kebutuhan air minum berbeda dengan kebutuhan air bersih. Hal ini tertera pada Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 bahwa, air untuk keperluan higiene sanitasi adalah air dengan kualitas tertentu digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum [3].

Suplai air minum dapat melalui banyak sumber, dapat berupa air yang sudah melalui proses pengolahan maupun air yang belum melalui proses pengolahan (baku). Suplai air minum yang telah melalui proses pengolahan, beberapa diantaranya, yaitu Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dan Air Minum Isi Ulang (AMIU) dari Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU). Sedangkan, suplai air minum yang belum melalui proses pengolahan dapat diperoleh dari sumur, sungai, tanah, pegunungan dll. Dengan ketersediaan air minum yang bervariasi, maka kualitasnya pun berbeda-beda tergantung teknik pengolahan, faktor higienis, *Quality Control*, dan juga lokasi persediaan air minum. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 terkait definisi air minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum [4]. Air yang digunakan untuk air minum harus terbebas dari mikroorganisme penyebab penyakit, yaitu *Escherichia coli* dan total bakteri *Coliform*. Begitupun dengan bahan kimia yang mengancam kesehatan, tidak boleh melebihi standar yang telah ditetapkan SNI, serta fisik air tidak berbau & tidak berwarna [5]. Tidak hanya itu, air juga harus terbebas dari kandungan radioaktif [6].

AMIU dan AMDK merupakan suplai air minum yang paling umum dipilih oleh masyarakat untuk dikonsumsi. Keduanya berbeda dari segi ekonomis maupun kualitas. Masyarakat menengah ke bawah lebih mungkin memilih Air Minum Isi Ulang (AMIU) daripada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dikarenakan harga AMIU di depot lebih murah daripada AMDK. Meski begitu perbandingan harga merupakan cerminan bahwa kualitas AMDK lebih baik karena telah melalui berbagai proses pengolahan yang esensial untuk dikonsumsi sebagai air minum serta melalui tahap *Quality Control* sebelum didarkan ke masyarakat [7]. Sedangkan pada AMIU sering ditemukan parameter yang belum memenuhi standar kualifikasi air minum. Berikut ini, terdapat berapa penelitian yang menyatakan AMIU masih kurang dalam segi kualitas.

Dikutip dari artikel tulisan Trisnaini dkk, penelitian oleh Institut Pertanian Bogor (IPB) dan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menyatakan bahwa Sebagian besar produk AMIU dinilai belum memenuhi standar industri AMDK. Hasil penelitian kedua lembaga ini menunjukkan bahwa AMIU masih terdapat kontaminasi bakteri mikrobiologi, yakni bakteri *coliform*, salmonella, dan juga *Escherichia coli* pada air minum, serta mengandung kimia logam berat, yaitu cadmium [6]. Adanya kandungan mikroorganisme tersebut dapat menyebabkan diare, kolera, bahkan tifus [7]. BPOM menyatakan bahwa tingginya kasus keracunan penyebab minuman, kemungkinan disebabkan oleh bakteri coliform [8]. Sudah banyak penelitian yang membuktikan hal tersebut. Lalu pada penelitian tahun 2020 oleh Yonitha dkk menyatakan bahwa sekitar 60% produk Depot Air Minum (DAM) mengandung bakteri mikrobiologi yang tidak memenuhi syarat [9]. Hal ini membuktikan bahwa kualitas AMIU yang diproduksi dari DAMIU masih belum memenuhi kualifikasi standar air minum.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, teknologi *Reverse Osmosis* (RO) ini dapat menjadi salah satu solusi yang cukup efektif dengan menggunakan air PDAM sebagai bahan baku. Dalam lingkup instansi pendidikan, khususnya Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, adalah tempat strategis untuk dibuatnya rancangan unit pengolahan air minum. Penulis tertarik untuk melakukan penelitian sekaligus instalasi mandiri unit pengolahan air minum, yaitu menggunakan metode *reverse osmosis* dengan kombinasi karbon aktif dan media filter lainnya dapat membantu distribusi air minum yang layak dan berkualitas baik, yang memiliki potensi kualitas air minum yang jauh lebih baik daripada kualitas Air Minum Isi Ulang (AMIU) dari depot air minum biasa. Membran *reverse osmosis* efektif digunakan untuk memurnikan air karena memiliki tingkat penghilangan mikroorganisme yang sangat tinggi, sehingga air keluarannya adalah air yang berkualitas siap minum [10].

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu air yang berasal dari air keran distribusi PDAM di lokasi Bengkel Energi kampus Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan.

2.2. Alat

- Tabung *Fiberglass Reinforced Plastic/FRP* (1 buah)
- Filter Sedimen *Cartridge* ukr. 3 mikron (2 buah)
- Filter Sedimen *Cartridge* ukr. 1 mikron (2 buah)
- *Granular Activated Carbon/GAC* (1 buah)
- *Carbon, Taste, and Odor/CTO* (2 buah)
- *Post Carbon* (1 buah)
- Membran *Reverse Osmosis* Silvertec ULP-2012-100G (1 buah)
- Pompa 1.6 – 2 bar (1 buah)

- Pompa *Booster* Kerter dan Adaptor 70 – 150 psi / 4.84 – 10.34 bar (1 buah)
- Lampu *Ultra Violet* (1 buah)
- pH meter (1 buah)
- TDS meter (1 buah)
- *Flow Meter* (1 buah)

2.3. Prosedur Penelitian

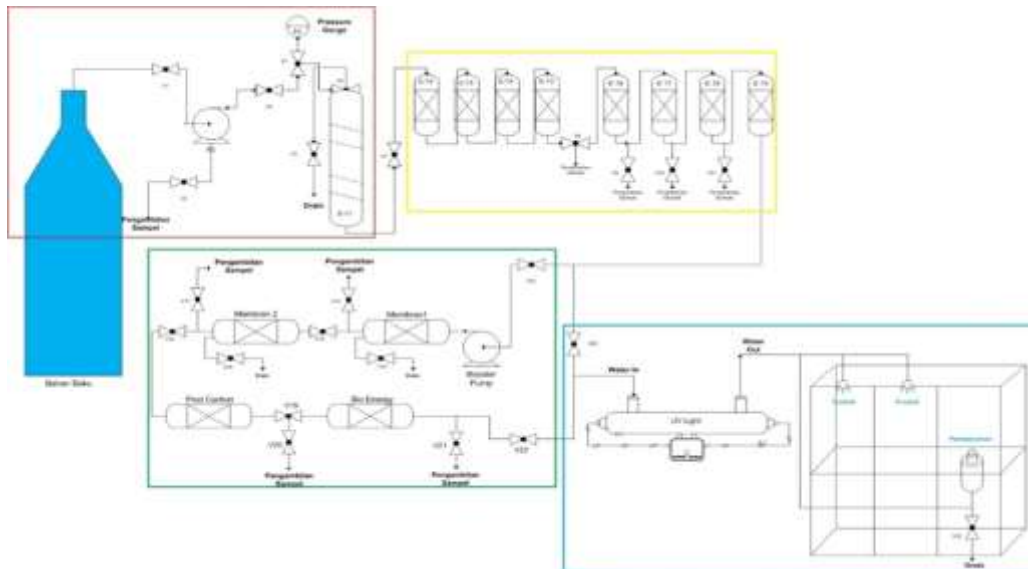
Penelitian ini memanfaatkan teknologi *reverse osmosis* atau osmosis terbalik. Penerapan teknologi pemisahan membran *reverse osmosis* dalam air minum dapat secara efektif mengurangi tekanan parsial yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan air dan kekurangan sumber daya air. Dengan mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 mengenai kualifikasi air minum termasuk parameter fisika, kimiawi, dan mikrobiologis. Berikut ini tabel parameter kualitas air minum sesuai dengan PERMENKES No. 2 Tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Standar Mutu Air Minum Wajib oleh PERMENKES RI No. 2 Tahun 2023

No	Jenis Parameter (Fisika)	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
2	Total zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	<300
3	Kekeruhan	NTU	<3
4	Warna	TCU	10
5	Bau		Tidak berbau
No	Jenis Parameter (Kimia)	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	pH	-	6.5 – 8.5
2	Nitrat (sebagai NO ³)	mg/L	20
3	Nitrit (sebagai NO ²)	mg/L	3
4	Kromium valensi 6 (Cr ⁶) (terlarut)	mg/L	0.01
5	Besi (Fe) (terlarut)	mg/L	0.2
6	Mangan (Mn) (Terlarut)	mg/L	0.1
7	Sisa Khlor (terlarut)	mg/L	0.2 – 0.5 dengan kontak waktu 30 menit
8	Arsen (As)	mg/L	0.01
9	Kadmium (Cd) (terlarut)	mg/L	0.003
10	Timbal (Pb) (terlarut)	mg/L	0.01
11	Fluorida (F) (terlarut)	mg/L	1.5
12	Aluminium (Al) (terlarut)	mg/L	0.2
No	Jenis Parameter (Mikrobiologi)	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	<i>Escherichia coli</i>	CFU/100 ml	0
2	<i>Total Coliform</i>	CFU/100 ml	0

Sumber: Permenkes RI No.2 Tahun 2023

Unit pengolahan air minum ini tidak hanya mencakup teknologi *reverse osmosis*, namun juga kombinasi *pre-treatment* seperti tabung FRP, filter sedimen, lalu dilanjutkan dengan penyaringan lanjutan seperti GAC dan CTO, lalu setelah itu baru tahap utama yaitu melewati membran *reverse osmosis* dan juga filter tambahan yaitu *post carbon*. Membran *reverse osmosis* yang digunakan pada penelitian ini yaitu, membran Silvertec ULP-2012-100G (*Ultra Low Pressure*) dengan variasi tekanan 4, 5, 6, 7 dan 8 bar. Kinerja membran ULP ini dapat tetap optimal digunakan bahkan pada tekanan yang rendah [11]. Terdapat pula *bioenergy* dan *UV light* pada instalasi UPAM namun khusus penelitian ini hanya berfokus pada komparasi hasil penyaringan membran *reverse osmosis* dan juga *post carbon*, jadi *bioenergy* dan *UV light* tidak digunakan khususnya pada penelitian ini. Untuk ilustrasi alur pengolahan air minum lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Flowsheet Unit Pengolahan Air Minum

2.3.1 Prosedur Pengolahan Air Minum

Berikut adalah prosedur pengolahan air minum:

1. Air baku masuk ke sistem

Air baku masuk melalui *valve* V1, yang mengontrol aliran awal ke sistem. *Valve* V2 berfungsi sebagai jalur drainase untuk membuang air sebelum melewati proses lebih lanjut. Sebelum terjadinya proses pengolahan, terdapat tahap pengambilan sampel ke-1. Air baku diambil sampelnya terlebih dahulu untuk diperiksa sebagai data komparasi antara air sebelum (baku) dan sesudah pengolahan (produk).

2. Pompa

Air baku dipompa menggunakan pompa bertekanan rendah (1,6 – 2 bar). Air akan melewati beberapa tahapan penyaringan awal untuk menghilangkan kontaminan dan partikel-partikel yang masih kasar.

3. Sistem Pra – Penyaringan (*Pre – treatment*)

Air melewati beberapa tahap penyaringan awal untuk menghilangkan kontaminan, yaitu Tabung *Purifier Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) yang berfungsi sebagai Multi Media Filter dengan menyaring partikel kontaminan mulai dari 5 – 50 mikron, lalu filter sedimen *cartridge* sebanyak 4× dengan ukr. 4; 4; 1; 1 mikron. Filter sedimen ini berfungsi menyaring partikel besar seperti pasir, lumpur, dan kotoran lainnya. *Valve* V8 mengatur aliran air setelah tahap penyaringan awal.

4. Penyaringan lanjutan

Setelah pra - penyaringan, air akan melewati filter lanjutan, yaitu:

- GAC Filter (*Granular Activater Carbon*). Filter ini berfungsi untuk menyerap senyawa organik dan bahan kimia berbahaya.
- CTO Filter (*Chlorine, taste & odor*) sebanyak 2×. Filter ini berfungsi untuk menghilangkan klorin, bau, dan rasa yang tidak diinginkan dari air.

5. Proses *Reverse Osmosis*

Air yang telah disaring masuk ke modul membran RO melalui *valve control* (V10). Limbah atau konsentrat dibuang melalui jalur drainase (V17). Membran ini berfungsi untuk membunuh bakteri atau mikroorganisme dalam air. Pada tahap ini merupakan tahap pengambilan sampel yang ke-2, yaitu sampel air setelah melalui proses *reverse osmosis* untuk diketahui apakah sudah layak menjadi air siap minum setelah melewati tahap ini. Untuk fluks membran Rumus umumnya sebagai berikut:

$$J = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

J = fluks membran (L/m².h)

Q = debit permeat (L/h)

A = luas permukaan membran (m²)

Untuk koefisien rejeksi (%) rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R = \left(1 - \frac{c_p}{c_f} \right) \times 100\%$$

yang dapat dirumuskan kembali menjadi,

$$R = \frac{(Cf - Cp)}{Cf} \times 100\%$$

Keterangan:

R = Koefisien Rejeksi (%)

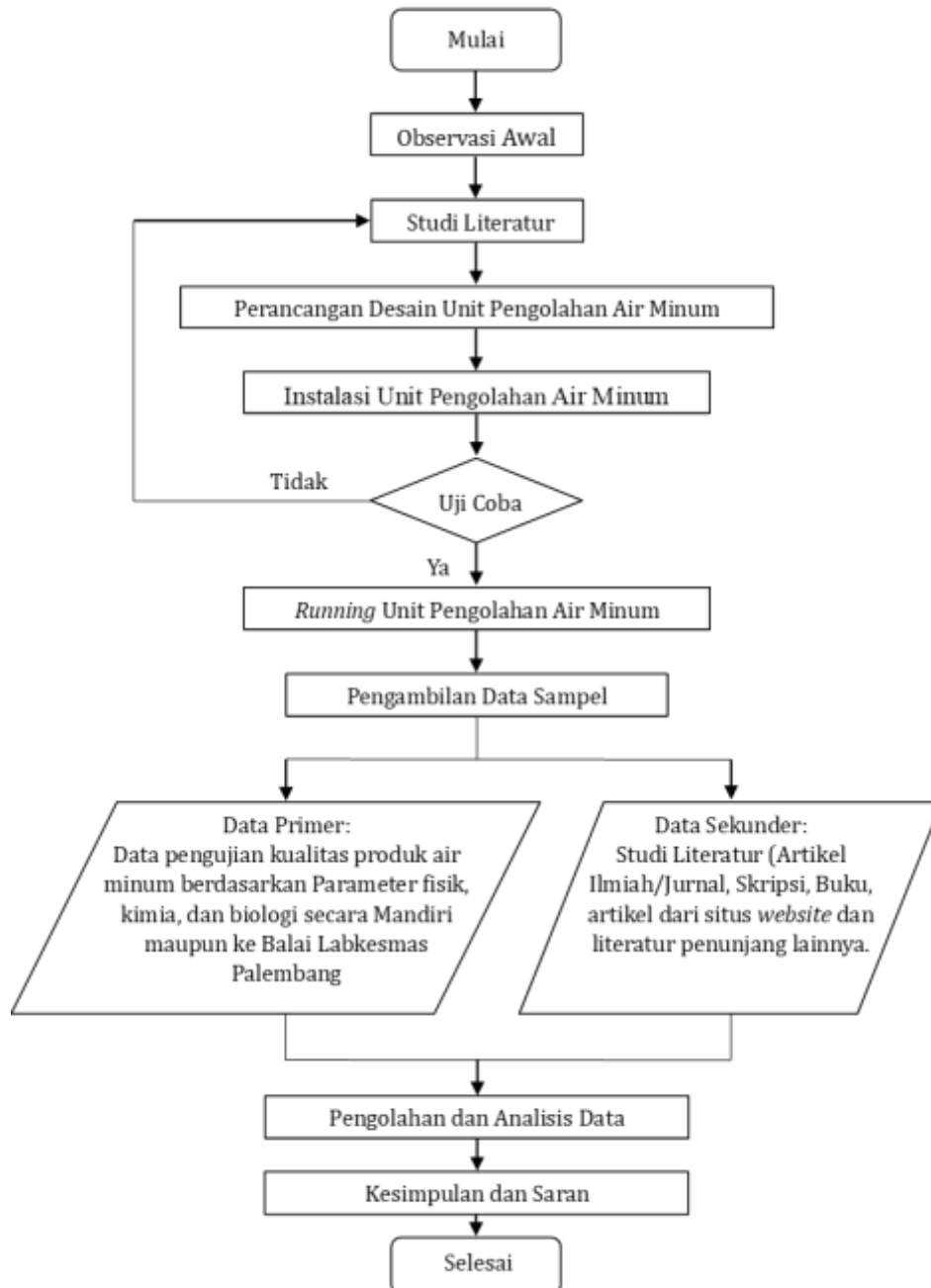
Cf = Konsentrasi zat terlarut pada air baku (mg/L)

Cp = Konsentrasi zat terlarut pada air hasil (mg/L)

6. Pasca – penyaringan (*Post-treatment*)

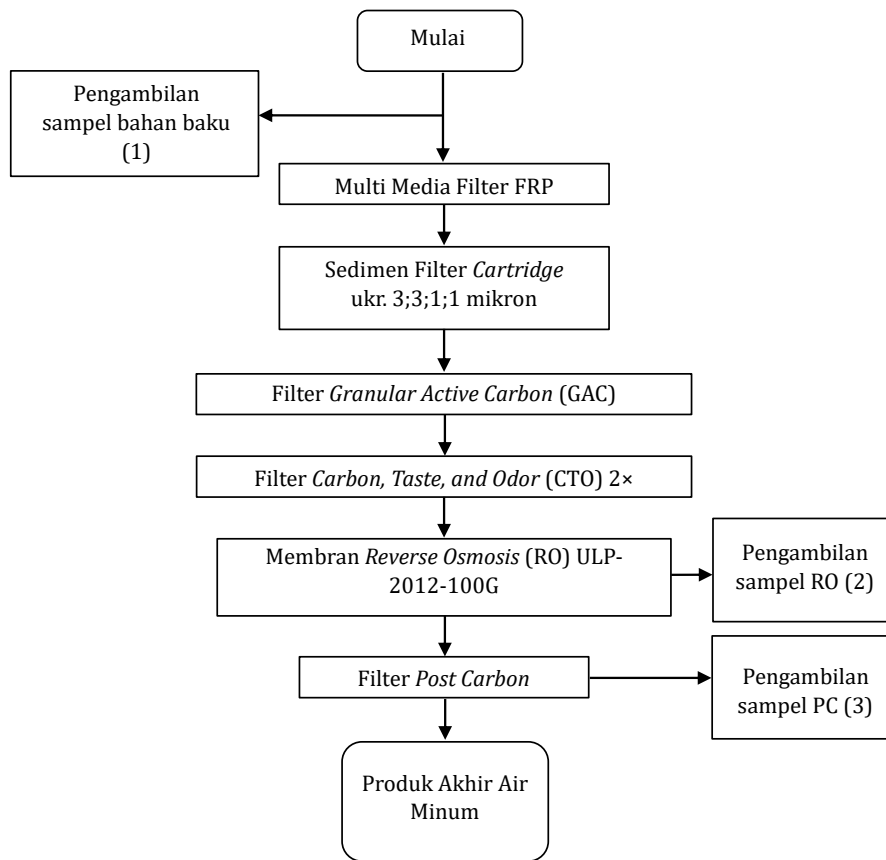
Air hasil RO akan melewati tahap terakhir, yaitu filter *Post Carbon*. Filter dengan kandungan karbon aktif sebagai penyempurnaan penjernihan dan rasa alami dari air. Pada tahap ini merupakan tahap pengambilan sampel ke-3 untuk diketahui apakah air yang sudah melalui filter *post-carbon* memenuhi kualifikasi air siap minum.

2.3.2 Alur Penelitian



Gambar 2. Blok Diagram Alur Penelitian

2.3.3 Alur Proses Pengolahan Air Minum



Gambar 3. Blok Diagram Proses Pengolahan Air Minum

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil data analisa awal pada air baku PDAM menunjukkan bahwa komposisi air masih belum memenuhi kualifikasi dari segi mikrobiologi yaitu adanya kandungan total bakteri *Coliform* sebesar 14 CFU/100 ml. Selain itu dari segi kimiawi, terdapat kandungan pH 5,93 masih belum memenuhi standar baku mutu yang seharusnya berada pada rentang 6,5 – 8,5. Namun, setelah air baku melewati serangkaian pengolahan air minum, baik yang telah melalui *reverse osmosis* saja maupun melalui *reverse osmosis* dan *post carbon*, keduanya menunjukkan hasil yang baik dan lolos uji standar baku mutu Permenkes No.2 Tahun 2023.

Tabel 2. Data Pengamatan Awal Air Baku PDAM

Parameter Fisika			
Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil
Bau*	-	Tidak berbau	Tidak berbau
Jumlah Zat Padat Terlarut/Total Dissolved Solid (TDS)**	mg/L	<300	41.25
Kekeruhan*	NTU	<3	0.77
Temperatur/Suhu**	°C	Suhu udara ± 3	27.8
Warna*	TCU	10	<1
Parameter Kimia			
Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil
pH**	-	6.5 – 8.5	5.93
Besi (Fe)*	mg/L	0.2	0.03
Mangan (Mn)*	mg/L	0.1	0.01
Nitrit (NO ₂)*	mg/L	3	<0.002

Parameter Mikrobiologi			
Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil
<i>Total Coliform</i> *	CFU/100 ml	0	14
<i>Escherichia coli</i> *	CFU/100 ml	0	0

Keterangan:

* Sampel yang diuji di Balai Kemenkes Palembang

** Data hasil rata-rata dari 3 sampel yang diambil secara manual di Laboratorium Teknik Energi POLSRI dengan 1 sampel yang diuji di Balai Kemenkes Palembang.

Tabel 3. Data Pengamatan Produk Keluaran *Reverse Osmosis*

Tekanan (bar)	Parameter Fisika				Laju Alir (L/menit)
	TDS (mg/L)	Kekeruhan (Skala NTU)	Temperatur (°C)		
4	21.75	0.12	30.9		0.083
5	24.37	0.06	31.7		0.115
6	19.25	0.00	32		0.141
7	19.12	0.10	32.3		0.169
8	18.56	0.11	32.6		0.200
Standar Baku Mutu	<300	<3	Suhu udara ± 3		-

Tekanan (bar)	Parameter Kimia					Laju Alir (L/menit)
	pH	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	NO ² (mg/L)	Cl (mg/L)	
4	6.9	<0.0035	0.01	0.52	4.3	0.083
5	7.1	<0.0035	0.01	0.06	3.5	0.115
6	6.8	<0.0035	<0.0030	0.29	3.8	0.141
7	6.8	<0.0035	<0.0030	0.17	3.6	0.169
8	6.7	<0.0030	<0.0030	0.08	4.1	0.200
Standar Baku Mutu	6.5 – 8.5	0.2	0.1	3	<250 mg/L	-

Tekanan (bar)	Parameter Biologi		Laju Alir (L/menit)
	<i>Total Coliform</i> (CFU/100 ml)	<i>Escherichia coli</i> (CFU/100 ml)	
4	0	0	0.083
5	0	0	0.115
6	0	0	0.141
7	0	0	0.169
8	0	0	0.200
Standar Baku Mutu	0	0	-

Tabel 4. Data Pengamatan Produk Keluaran *Post Carbon*

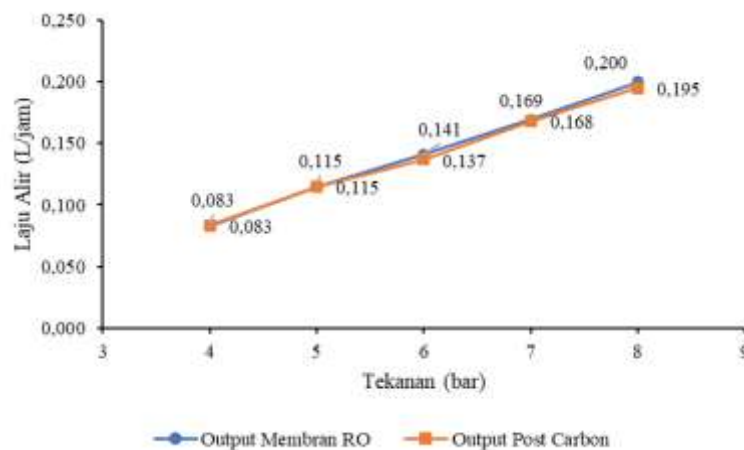
Tekanan (bar)	Parameter Fisika				Laju Alir (L/menit)
	TDS (mg/L)	Kekeruhan (Skala NTU)	Temperatur (°C)		
4	45.56	0.00	30.9		0.083
5	30.37	0.00	32.1		0.115
6	24.12	0.00	32.5		0.137
7	20.12	0.00	32.7		0.168
8	18.75	0.00	32.9		0.195
Standar Baku Mutu	<300	<3	Suhu udara ± 3		-

Tekanan (bar)	Parameter Kimia					Laju Alir (L/menit)
	pH	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	NO ² (mg/L)	Cl (mg/L)	
4	7.12	<0.0035	0.04	0.43	7.1	0.083
5	7.38	<0.0035	0.02	<0.0002	3.6	0.115
6	7.00	<0.0035	0.02	0.09	4.0	0.137
7	7.3	<0.0035	0.01	0.05	3.8	0.168
8	7.1	<0.0035	0.01	0.08	3.8	0.195

Standar Baku Mutu	6.5 – 8.5	0.2	0.1	3	<250 mg/L	-
Tekanan (bar)	Parameter Biologi			Laju Alir (L/menit)		
	Total Coliform (CFU/100 ml)	Escherichia coli (CFU/100 ml)				
4	0	0	0.083			
5	0	0	0.115			
6	0	0	0.141			
7	0	0	0.169			
8	0	0	0.200			
Standar Baku Mutu	0	0	-			

3.1 Pengaruh Variasi Tekanan terhadap Laju Alir

Pada **Gambar 4** grafik memperlihatkan bahwa laju alir pada *output* membran *reverse osmosis* dan juga *post carbon* hampir sama persis. Laju alir terendah yaitu pada 0,083 L/jam dengan tekanan 4 bar pada *output* membran RO dan juga *Post Carbon*, laju alir tertinggi terdapat pada 0.200 L/jam dengan tekanan 8 bar pada *output* membran RO. Hal ini membuktikan validitas bahwa laju alir dipengaruhi oleh variasi tekanan yang diberikan. Data menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara laju alir pada membran *reverse osmosis* dan *post carbon*. Itu berarti selama *feeds* yang diberikan berada pada kondisi yang sama (dari bahan baku yang sama) dan pada kondisi fisik yang hampir mirip, perbandingan laju alir pun tidak akan jauh berbeda. Seperti yang sudah kita ketahui bahwa seiring meningkatnya tekanan yang diberikan, maka laju alir pun akan semakin meningkat.

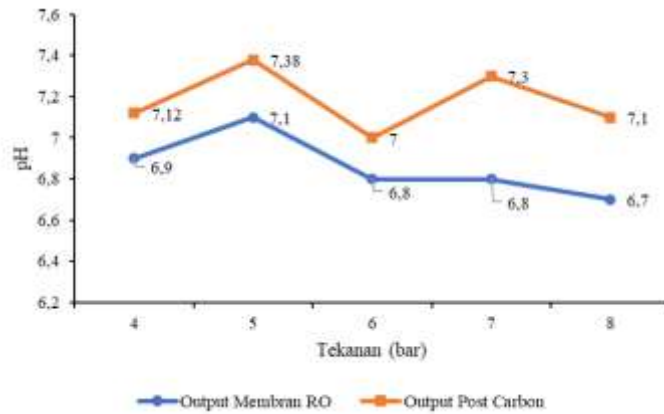


Gambar 4. Grafik Hubungan Pengaruh Tekanan Fluida terhadap Laju Alir

3.2 Pengaruh Variasi Tekanan terhadap pH

pH (*potential of Hydrogen*) atau yang umum dikenal dengan derajat keasaman merupakan indikator asam basa suatu fluida, atau dalam hal ini yaitu air. Semakin meningkatnya pH (di atas 7), maka semakin basa, sebaliknya semakin menurunnya derajat pH (di bawah 7), maka sebaliknya, berarti ia semakin asam. pH yang diizinkan dalam standar baku mutu air minum adalah 6,5 – 8,5. Di luar rentang tersebut, air tidak memenuhi kualifikasi air siap minum (Permenkes, 2023). Grafik pengaruh variasi tekanan terhadap pH dapat diamati pada **Gambar 5**.

Pada **Gambar 5** kedua pH produk air keluaran membran RO masih berada pada batas aman, yaitu pada rentang 6,5 – 8,5 dengan pH pada membran RO sedikit lebih asam daripada pH air keluaran *post carbon*. pH *post carbon* lebih mendekati netral (pH=7). Hal ini menunjukkan bahwa *post carbon* berpengaruh terhadap perbaikan pH, yaitu menaikkan dan memperbaiki pH yang dihasilkan oleh membran *reverse osmosis*. pH yang lebih rendah pada membran *reverse osmosis* disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya yaitu dapat dikarenakan banyaknya mineral dan zat-zat yang tersaring sehingga pH menjadi rendah atau cenderung asam, hal ini dikarenakan hilangnya kemampuan penyangga air dan penyerapan CO₂ dari udara. Ketika mineral-mineral ini dihilangkan secara signifikan, misalnya dikarenakan telah melalui proses *Reverse Osmosis* (RO) yang sangat efektif atau distilasi, air menjadi sangat murni, tetapi juga kehilangan sebagian besar penyangganya (*buffer*).

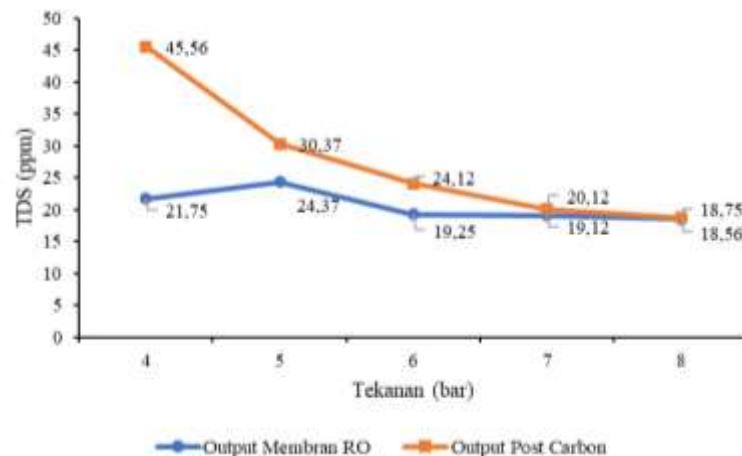


Gambar 5. Grafik Hubungan Pengaruh Tekanan Fluida terhadap pH

Air murni atau air yang sangat demineralisasi memiliki sedikit atau tidak ada mineral yang dapat menetralkan ion hidrogen (H^+). Meskipun air murni (H_2O) secara teoritis memiliki pH 7 (netral), saat terpapar udara, karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer akan larut ke dalamnya. CO_2 ini akan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat (H_2CO_3), sebuah asam lemah. Asam karbonat ini kemudian dapat terdisosiasi, melepaskan ion hidrogen (H^+) dan menurunkan pH air. Sementara itu variasi tekanan juga berpengaruh terhadap derajat pH, hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kondisi air yang berbeda-beda. Meskipun air bakunya sama, dengan beberapa perbedaan kondisi fisik air meskipun sedikit bisa saja memberikan hasil yang berbeda sangat mungkin membuat hasil pH menjadi fluktuatif.

3.3 Pengaruh Variasi Tekanan terhadap TDS

TDS (*Total Dissolved Solid*) atau Total Zat Padat Terlarut merupakan jumlah akumulasi atau keseluruhan zat zat mineral, garam, termasuk besi berat dan logam, baik senyawa berupa organik maupun non-organik. Padatan ini dapat berasal dari sumber alami dan buatan manusia serta berpengaruh terhadap rasa dan keamanan konsumsi air. Parameter ini sangat penting untuk diperhatikan pada air minum, karena apabila TDS melebihi 300 ppm, maka air tersebut tidak layak minum [12]. Air dengan TDS tinggi memiliki rasa yang buruk dan tidak enak. Selain itu, jika konsentrasi tinggi maka kejernihan air akan menurun. Grafik pengaruh tekanan terhadap TDS disajikan pada **Gambar 6** sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik Hubungan Pengaruh Tekanan Fluida terhadap TDS

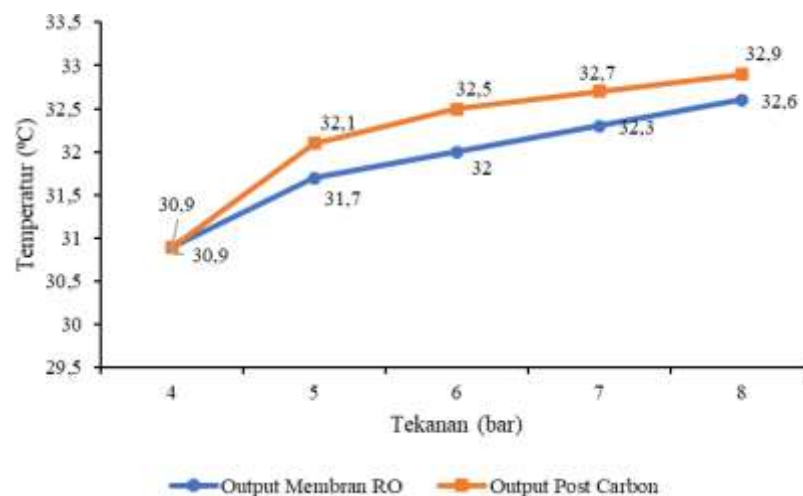
Dari grafik di atas terlihat bahwa TDS yang dihasilkan oleh *post carbon* lebih banyak dibandingkan dengan membran *reverse osmosis*. Namun TDS yang dihasilkan oleh *post carbon* menunjukkan *trendline* menurun seiring meningkatnya tekanan bahkan memiliki nilai yang hampir sama pada tekanan 8 bar, yaitu 18.75 dan 18.56 ppm., hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan yang diberikan, maka semakin besar pula kuantitas penyisihan TDS oleh *post carbon*, hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan maka semakin besar pula rejeksi TDS [13]. Sementara itu untuk keluaran membran *reverse osmosis* sendiri hampir selalu konstan, terdapat perbedaan dari satu titik ke titik lainnya walaupun tidak terlalu jauh. Namun dapat dilihat bahwa rejeksi TDS pada membran *reverse osmosis* selalu lebih tinggi dibandingkan dengan *post carbon* atau kadar TDS-nya selalu lebih rendah. Hal ini dikarenakan membran reverse osmosis

efektif dalam menahan kontaminan bahkan partikel paling halus sekalipun termasuk mineral baik maupun mineral buruk. Bertambahnya TDS setelah melewati *post carbon* ini dapat dikarenakan *post carbon* yang mengandung karbon aktif melepaskan partikel-partikel kecil karbon pada air, meskipun fungsi utamanya adalah menyerap bau tak sedap dan memperbaiki rasa, filter *post carbon* bisa saja melepaskan mineral yang terperangkap di dalamnya. Hal ini normal terjadi, dengan melepaskan mineral, maka ini berdampak pada pH sehingga kembali netral, karena salah satu pengaruh dari filter *post carbon* setelah melewati RO adalah memperbaiki pH.

Bertambahnya kuantitas TDS pada *post carbon* juga tidak menutup kemungkinan dikarenakan faktor seperti media *post carbon* yang jarang dilakukan *flushing* sehingga partikel yang tidak diinginkan bertumpuk. Mineral baik atau buruk tidak dapat diidentifikasi melalui banyaknya TDS, TDS hanya menunjukkan kuantitas dari seluruh zat terlarut dalam air baik itu mineral baik maupun buruk untuk dikonsumsi oleh manusia. meskipun TDS yang dihasilkan juga masih tetap berada di bawah standar baku mutu, yaitu 300 ppm.

3.4 Pengaruh Variasi Tekanan terhadap Temperatur

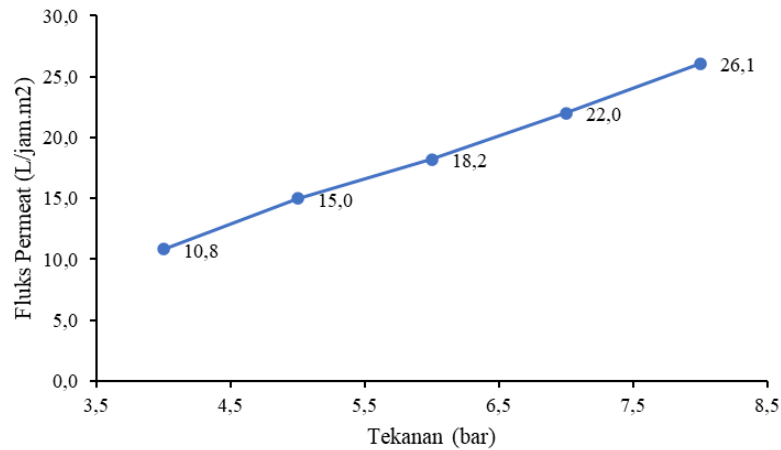
Dapat dilihat pada **Gambar 7** bahwa pada kedua media *output* membran RO dan *post carbon* menghasilkan fluida (air) dengan temperatur yang semakin meningkat seiring meningkatnya variasi tekanan. Temperatur kedua output tidak terlalu jauh berbeda, namun meskipun begitu, temperatur pada *post carbon* sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur *reverse osmosis*. Hal ini dapat dikarenakan gaya gesekan yang lebih banyak ketika air yang sudah melewati membran *reverse osmosis*, kemudian melalui *post carbon* pula sehingga air yang semula temperaturnya menghangat (meningkat), karena adanya tambahan gaya gesekan yang lebih banyak pada permukaan *post carbon* sehingga temperatur air yang sudah meningkat menjadi semakin meningkat. Meski temperatur itu sendiri tidak ditetapkan sebagai baku mutu air minum, namun dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui pengaruh tekanan terhadap temperatur itu sendiri, khususnya pada membran *reverse osmosis* dan *post carbon*.



Gambar 7. Grafik Hubungan Pengaruh Tekanan Fluida terhadap Laju Temperatur

3.5 Pengaruh Variasi Tekanan terhadap Fluks Permeat Reverse Osmosis

Fluks merupakan jumlah cairan yang keluar melewati luas permukaan membran per satuan waktu, satuan fluks, yaitu Liter/jam.m² Fluks merupakan pertimbangan yang penting dalam mengkaji efisiensi dan kinerja membran. Analisis fluks membran berguna untuk mengetahui kinerja membran dalam melewatkan umpan dalam volume tertentu. Semakin tinggi tekanan yang dioperasikan pada membran maka berbanding lurus dengan nilai fluks yang akan didapatkan[14]. Grafik hubungan variasi tekanan terhadap fluks permeat *reverse osmosis* dapat dilihat pada **Gambar 8** sebagai berikut.

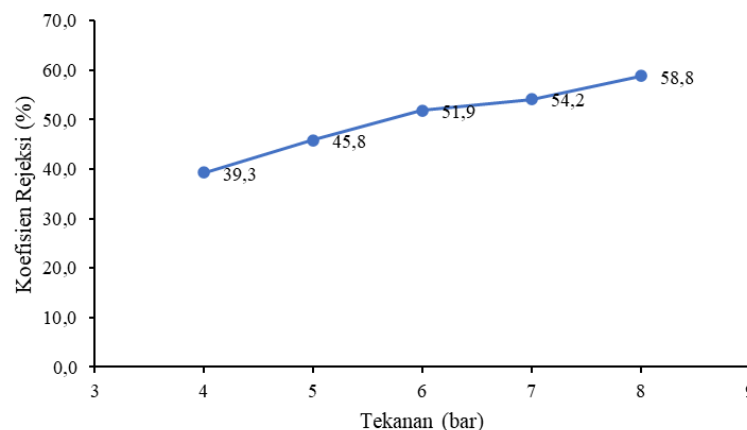


Gambar 8. Grafik Hubungan Pengaruh Tekanan Fluida terhadap Fluks Permeat

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya tekanan, maka fluks akan semakin meningkat pula, dari sini dapat disimpulkan bahwa tekanan mempengaruhi fluks permeat pada *reverse osmosis*. Tekanan dan Fluks Permeat berbanding lurus. Apabila tekanan yang diberikan bertambah, maka fluks permeat akan semakin meningkat pula, hal ini hampir sama dengan hubungan tekanan dan laju alir, ketiganya saling berhubungan, Tekanan yang memiliki 1 dimensi saja (bar), Laju Alir memiliki 2 dimensi (Lpm atau L/jam), dan Fluks 3 dimensi (L/jam.m²), yaitu tekanan sebagai pemicu meningkatnya laju alir dan fluks permeat. Fluks permeat yang melewati membran meningkat secara langsung seiring dengan kenaikan tekanan air baku [15]. Dari pengamatan di atas, terlihat bahwa efektivitas membran sangat baik, karena fluks permeat meningkat cukup banyak seiring meningkatnya tekanan. Titik optimal dalam grafik ini ialah 8 bar, namun tidak efisien apabila terlalu sering digunakan karena tekanan tinggi yang terlalu sering digunakan akan membuat masa pakai membran menjadi lebih singkat, air yang dihasilkan dari tekanan 8 pun cukup memiliki temperatur yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan air dengan variasi tekanan di bawah 8 bar. Untuk penggunaan yang lebih aman guna meminimalkan kerusakan membran, dianjurkan untuk menggunakan variasi tekanan di bawah 8 bar saja.

3.6 Pengaruh Variasi Tekanan terhadap % Rejeksi *Reverse Osmosis*

Dari grafik **Gambar 9** menunjukkan bahwa Koefisien Rejeksi meningkat seiring meningkatnya tekanan. Sama seperti fluks permeat, peningkatan tekanan air baku juga menyebabkan peningkatan rejeksi [15]. Meskipun kinerja membran tidak sampai menyentuh angka 90%, bahkan beberapa variasi tekanan menunjukkan koefisien rejeksi di bawah 50%, hal ini dikarenakan air baku PDAM itu sendiri memiliki kontaminan yang tidak terlalu tinggi sehingga setelah dilakukan pengolahan pada membran, kadar kontaminan tidak jauh berbeda. Meski begitu, penyaringan kontaminan tetap esensial untuk dilakukan karena memperbaiki dan meningkatkan kualitas air minum hingga mencapai yang optimal. Grafik peningkatan rejeksi pun menunjukkan kinerja membran yang cukup baik.



Gambar 9. Grafik Hubungan Pengaruh Tekanan Fluida terhadap % Rejeksi

4. Kesimpulan

Hasil produk air yang telah melalui membran *reverse osmosis* maupun *post carbon* keduanya memenuhi kualifikasi air minum sesuai dengan PERMENKES No. 2 Tahun 2023. Setiap tekanan menghasilkan kualitas air yang berbeda pula, namun secara keseluruhan baik pada variasi tekanan 4, 5, 6, 7, dan 8, produk yang dihasilkan sudah sesuai standar baku mutu air minum.

Laju alir cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan fluida. pH tidak memiliki kecenderungan untuk meningkat maupun menurun seiring dengan meningkatnya tekanan fluida (fluktuatif). Kualitas TDS semakin baik seiring meningkatnya tekanan pada *post carbon*, pada membran cenderung lebih stabil seiring meningkatnya tekanan, meski begitu dengan tekanan yang rendah saja produk dari RO sudah menghasilkan TDS yang lebih rendah daripada *post carbon* pada tekanan yang sama. Temperatur yang dihasilkan setelah melalui proses produksi cenderung meningkat dengan bertambahnya tekanan, baik pada *post carbon* dan RO. Fluks permeat dan % rejeksi pada RO linier dan menghasilkan air dengan tingkat rejeksi yang semakin tinggi seiring meningkatnya tekanan fluida, hal ini membuktikan bahwa tekanan fluida mempengaruhi kinerja membran RO sehingga menghasilkan produk air minum yang baik. Produk air minum yang dihasilkan oleh instalasi unit pengolahan air minum yang dirancang oleh penulis dan tim berhasil mengolah air PDAM menjadi air minum yang memenuhi syarat PERMENKES No. 2 Tahun 2023.

5. Singkatan

PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum
GAC	Granular Activated Carbon
CTO	Chlorine, Taste, and Odor
RO	Reverse Osmosis
AMIU	Air Minum Isi Ulang
DAMIU	Depot Air Minum Isi Ulang
AMDK	Air Minum Dalam Kemasan
DAM	Depot Air Minum
SNI	Standar Nasional Indonesia
TDS	Total Dissolved Solids
pH	Potential of Hydrogen
CFU	Colony Forming Units
UV	Ultraviolet

6. Referensi

- [1] F. Muna dan Khariri, "The Importance of Maintaining Quality of Drinking Water Refill Through Periodic Bacteriological Examination," *SINASIS (Seminar Nas. Sains)*, vol. 1, no. 1, hal. 135–140, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://proceeding.unindra.ac.id/index.php/sinasis/article/view/4045>
- [2] M. Z. Hossain, "Water: The Most Precious Resource of Our Life," *Glob. J. Adv. Res.*, vol. 2, no. 9, hal. 1436–1445, 2001, [Daring]. Tersedia pada: <http://books.google.com/books?id=AYgEFsz0tCQC>
- [3] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum," *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, hal. 1–20, 2017.
- [4] Permenkes RI, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum," *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*. hal. MENKES, 2010.
- [5] R. S. Martini, E. Agusri, dan M. Setiawati, "Prediksi Kebutuhan Air Bersih Pdam Tirta Musi Palembang (Studi Kasus Wtp Borang)," *Bear. J. Penelit. dan Kaji. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, hal. 6, 2023, doi: 10.32502/jbearing.v8i1.6261.
- [6] Sunarsih, Elvi, Inoy Trisnaini, and Dwi Septiawati. "Analisis faktor risiko kualitas bakteriologis air minum isi ulang Di Kabupaten Ogan Ilir." *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat* 9.1 (2018): 28-40.
- [7] Sugriarta, Evino. "Hygiene sanitasi depot air minum." *Jurnal Sehat Mandiri* 13.1 (2018): 51-55.
- [8] V. I. Tominik, M. Haiti, dan M. S. H. Hutabarat, "Analisis Uji Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang (AMIU) Menggunakan Metode Pengolahan Air Sistem Reverse Osmosis (RO) Dan Sistem Ultraviolet (UV)," *J. Kesehat. Saemakers Perdana*, vol. 1, no. 1, hal. 20–24, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.ukmc.ac.id/index.php/joh/article/view/98>

- [9] Fangidae, Astry Yonitha, et al. "Gambaran sanitasi air minum isi ulang (DAMIU) di Kelurahan Lasiana tahun 2019." *Timorese Journal of Public Health* 1.4 (2019): 164-169.
- [10] Moentamaria, Dwina, Rosita Dwi Chrisnandari, and Achmad Sjaifullah. "Edukasi Potensi Air Sumber Menjadi Air Minum dalam Kemasan Desa Wringinsongo Tumpang." *Jurnal Pengabdian Polinema Kepada Masyarakat* 9.1 (2022): 58-62.
- [11] Ozaki, Hiroaki, and Huafang Li. "Rejection of organic compounds by ultra-low pressure reverse osmosis membrane." *Water research* 36.1 (2002): 123-130.
- [12] Kementerian Kesehatan, "Permenkes No. 2 Tahun 2023," *Kemenkes Republik Indones.*, no. 55, hal. 1–175, 2023.
- [13] J. A. Pinem dan M. H. Adha, "Kinerja Membran Reverse Osmosis Terhadap Rejeksi Kandungan Garam Air Payau Sintetis: Pengaruh Variasi Tekanan Umpan," *Semin. Nas. Tek. Kim. Oleo Petrokimia Indones.*, hal. 1–7, 2008.
- [14] I. Kurniawan, S. Nasir, Hermansyah, dan Mardiyanto, "Kinerja Proses Hibrid Membran (Nanofiltrasi Reverse Osmosis) Dalam Pengolahan Air Mengandung Ciprofloaxacin Antibiotik," *Semin. Nas. AVoER IX 2017*, no. November, hal. 365–372, 2017.
- [15] Kaliappan, S., C. Sathish, and T. Nirmalkumar. "Recovery and reuse of water from effluents of cooling tower." *Journal of the Indian Institute of Science* 85.4 (2005): 215.