

Uji Kinerja *Membrane Sea Water Reverse Osmosis* Sebelum dan Sesudah Pemeliharaan di PLTGU Tanjung Uncang

Hasnira Hasnira^{1*}, Olfhie Stevani Yunda Nugraha¹, Muhammad Syafei Gozali¹, Didi Istandi¹,
Arif Febriansyah Juwito¹, Fauzun Atabiq¹, Fitriyanti Nakul²

¹Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknik Elektronika Manufaktur, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: rhara@polibatam.ac.id

Received on 20-04-2025 | Revised on 22-04-2025 | Accepted on 25-06-2025

Abstrak— *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) di PLTGU Tanjung Uncang berfungsi untuk menyuplai air baku melalui permurnian air laut menggunakan *membrane*. Dalam operasinya, *membrane* sering mengalami *fouling* dan *scaling* yang menurunkan kinerja sistem. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja *membrane* SWRO sebelum dan sesudah proses pembersihan menggunakan metode *Cleaning in Place* (CIP) dan pembersihan manual (pembongkaran). Evaluasi dilakukan berdasarkan data *conductivity* dan *differential pressure* dalam tiga kondisi: sebelum *Cleaning in Place* (CIP), sesudah *Cleanig in Place* (CIP), dan setelah pembersihan manual. Hasil menunjukkan bahwa *Cleanig in Place* (CIP) efektif mengurangi *fouling* ringan, namun tidak cukup untuk *fouling* berat seperti lumpur. Sebaliknya, pembersihan manual lebih efektif dalam mengembalikan performa *membrane* ke batas normal (*differential pressure* $\leq 1,5$ bar dan *conductivity* ≤ 600 $\mu\text{S/cm}$). Dengan mengombinasikan kedua metode ini, efisiensi operasional SWRO dapat ditingkatkan secara signifikan.

Kata Kunci: *Cleaning in Place*, *Fouling*, *Scaling*, *Sea Water Reverse Osmosis*

Abstract—*Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) at PLTGU Tanjung Uncang serves to supply raw water through seawater purification using membranes. In operation, membranes often experience fouling and scaling which reduces system performance. This study aims to evaluate the performance of SWRO membranes before and after the cleaning process using the *Cleaning in Place* (CIP) method and manual cleaning (disassembly). The evaluation was conducted based on conductivity and differential pressure data in three conditions: before *Cleaning in Place* (CIP), after *Cleaning in Place* (CIP), and after manual cleaning. Result show that *Cleaning in Place* (CIP) is effective in reducing light fouling, but not enough for heavy fouling such as mud. In contrast, manual cleaning was more effective in restoring membrane performance to normal limits (*differential pressure* $\leq 1,5$ bar and *conductivity* ≤ 600 $\mu\text{S/cm}$). By combining these two methods, the operational efficiency of the SWRO can be significantly improved.

Keywords: *Cleaning in Place*, *Fouling*, *Scaling*, *Sea Water Reverse Osmosis*

I. PENDAHULUAN

PENGUNAAN teknologi *sea water reverse osmosis* (SWRO) adalah salah satu proses dalam memenuhi kebutuhan air untuk keperluan operasional pembangkit listrik, termasuk di PLTGU Tanjung Uncang [1]. Selain untuk digunakan sebagai air service produk dari *sea water reverse osmosis* (SWRO) juga digunakan untuk *fire hydrant* dan terutama digunakan untuk produksi air demin (*demineralisasi*), melalui proses *brackish water reverse osmosis* (BWRO) dan *mixed* [2].

Sistem kerja *sea water reverse osmosis* (SWRO) yaitu memisahkan garam (mineral-mineral) yang terkandung di dalam air laut sehingga menghasilkan air tawar yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan di PLTGU Tanjung Uncang, yang berkapasitas 120 MW [3],[4]. Proses *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) dimulai dengan *pre-treatment*, dimana air laut disaring untuk menghilangkan partikel besar dan sedimen. Setelah itu, air dipompa melalui *membrane reverse osmosis* dengan tekanan tinggi [5]. Sistem *sea water reverse osmosis* (SWRO) berperan penting dalam menyuplai air baku (demin) yang digunakan untuk kebutuhan *steam turbine*. Selain itu juga digunakan untuk pendingin (*close cooling*) [6], [7].

Dalam operasional *sea water reverse osmosis* (SWRO), *membrane* adalah peralatan utama yang digunakan untuk memurnikan air laut dengan proses penyaringan garam dan partikel lainnya [8], [9]. Namun *membrane* mempunyai lapisan tipis berpori yang bersifat semipermeable dan berfungsi untuk memisahkan partikel dalam suatu larutan berdasarkan ukuran spesinya. Partikel yang ukurannya lebih besar dari pori-pori *membrane* akan tertahan, sementara partikel yang lebih kecil dapat melewati *membrane* disebut juga *permeate*, sedangkan partikel tertahan dikenal dengan *concentrate* [10], [11]. Pengoperasian *sea water reverse osmosis* (SWRO) secara kontinu maka akan terbentuk *fouling* (penumpukan partikel organik dan anorganik) dan *scaling* (pembentukan kerak garam)

pada *membrane* [12]. Kedua fenomena ini dapat menurunkan kinerja sistem, meningkatkan tekanan operasi, mengurangi volume produksi air bersih dan pada akhirnya meningkatkan biaya energi serta pemeliharaan [13], [14]. Apa bila *fouling* dan *scaling* tidak ditangani dengan baik, hal ini dapat memperpendek umur *membrane* dan meningkatkan biaya penggantian komponen secara signifikan.

Untuk menjaga performa *membrane*, metode *cleaning in place* (cip) dan metod manual (pembongkaran) menjadi salah satu solusi pembersihan *membrane*, *cleaning in place* (CIP) adalah metode pembersihan *membrane* tanpa perlu membongkar sistem. Pembersihan pada *membrane* secara manual atau dengan metode pembongkaran merupakan salah satu untuk menghilangkan *scaling* dan *fouling* pada permukaan *membrane* yang tidak dapat diatasi melalui metode *cleaning in place* (CIP) [15]. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis metode pembersihan yang efektif. Pada metode *claning in Place* (CIP) untuk menghilangkan pengotor dan meembalikan performa *membrane* seperti yang baru dengan menggunakan larutan asam dan basa. Bahan kimia yang digunakan pada prosedur *cleaning in place* (CIP) dari *membrane* RO yaitu alkali dan acid.

Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menyajikan evaluasi empiris terhadap kinerja *membrane* SWRO sebelum dan sesudah proses pembersih, baik menggunakan metode *cleaning in place* (CIP) maupun pembersihan manual, berdasarkan data asli dari PLTGU Tanjung Uncang. Dengan membandingkan kedua metode ini secara langsung, peneliti ini memberikan *insight* praktis mengenai efektivitas relative dari masing-masing metode dalam mengatasi *fouling* berat dan ringan. Hasilnya diharapkan menjadi dasar untuk pengambilan Keputusan dalam perawatan SWRO yang lebih efisien dan ekonomis di industri pembangkit listrik.

II. METODE

Gambar 1 menunjukkan tampilan fisik atau peralatan *sea water reverse osmosis* (SWRO) dari *desalination treatment* pada unit *water treatment plant* (WTP) di PTLGU Tanjung uncang.

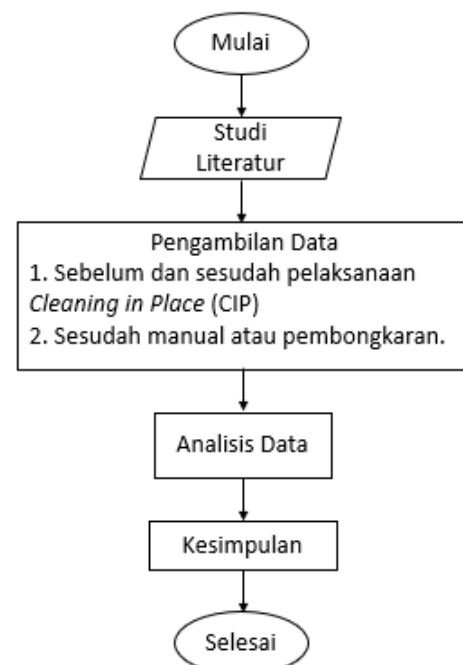


Gambar 1. Tampak Depan Peralatan SWRO

A. Indikator Kinerja

Parameter operasional yang diamati dalam penelitian ini mencakup tekanan air umpan yang dihasilkan oleh pompa serta tekanan air yang masuk ke dalam modul *membrane*, yang berguna untuk menghitung tekanan diferensial. Selain itu, dilakukan pengukuran terhadap nilai konduktivitas listrik (*electric conductivity*) pada air umpan dan air *permeat* (produk) untuk menilai efektivitas pemisahan garam oleh *membrane*. Parameter lain yang turut diamati adalah laju alir air umpan, air konsentrat, dan air *permeat*, yang digunakan untuk mengevaluasi efesiensi distribusi aliran dan keseimbangan massa dalam sistem SWRO.

Gambar 2 menjelaskan diagram alir proses penelitian ini dimulai dengan menentukan tujuan penelitian, pengumpulan data dan analisis sebelum dan sesudah proses *cleaning in place* (CIP) dan sesudah manual atau pembongkaran.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

B. Rancangan Evaluasi

1) Pengumpulan data

Data penelitian dikumpulkan dari *logsheet* operasional unit SWRO selama tiga periode, yaitu sebelum CIP, sesudah CIP dan setelah pembersihan manual. Masing-masing periode berlangsung kurang lebih 30 hari untuk mendapatkan kondisi variasi system secara menyeluruh.

2) Pengukuran Parameter

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi *conductivity* dan *differential pressure*. *Conductivity* ($\mu\text{S/cm}$) diukur menggunakan konduktivitas meter bawaan yang terpasang pada sistem SWRO, dengan pengukuran dilakukan pada sisi air umpan (*feed*) dan *permeat* (produk) untuk menilai efektivitas pemisahan garam oleh *membrane*. Sementara itu, *differential pressure* dihitung sebagai selisih antara tekanan air masuk dan keluar dari modul *membrane*. Nilai tekanan diferensial ini

mencerminkan tingkat resistansi aliran yang disebabkan oleh *fouling* dan *scaling*, sehingga menjadi indikator penting dalam mengevaluasi kondisi kinerja *membrane*.

3) Kriteria Evaluasi

Sistem SWRO dianggap beroperasi secara optimal apabila nilai *conductivity permeat* $\leq 600 \mu\text{S/cm}$ dan *differential pressure* $\leq 1,5$ bar. Nilai *conductivity* yang tinggi mengindikasikan kebocoran ion/garam akibat selektivitas *membrane*, sedangkan *differential pressure* tinggi menunjukkan penyumbatan oleh *fouling*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi data performa *membrane* SWRO dalam tiga kondisi: sebelum *cleaning in place* (CIP), setelah CIP dan setelah pembersihan manual. Parameter yang dianalisis meliputi *conductivity* ($\mu\text{S/cm}$) dan *differential pressure* (bar).

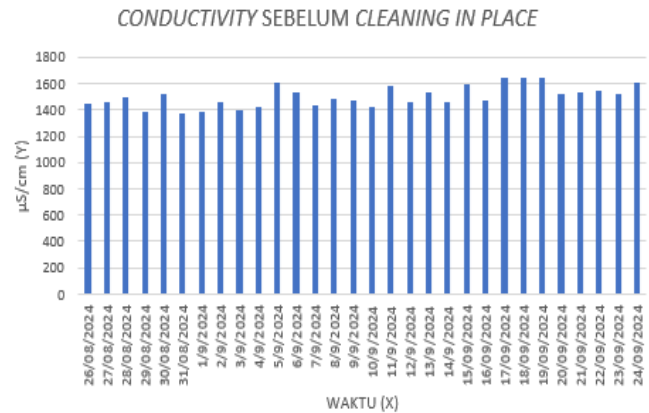
A. Data Sebelum Cleaning in Place (CIP)

Tabel 1 berikut menampilkan data parameter kinerja sistem SWRO sebelum dilakukan proses pembersihan CIP. Data menunjukkan tren peningkatan nilai konduktivitas dan tekanan diferensial selama lebih dari tiga minggu.

No	Tanggal	<i>Conductivity</i> ($\mu\text{S/cm}$)	<i>Differential pressure</i> (BAR)
1	26/08/2024	1451,38	1,31
2	27/08/2024	1456,59	1,31
3	28/08/2024	1490,74	1,32
4	29/08/2024	1383,10	1,32
5	30/08/2024	1517,36	1,33
6	31/08/2024	1368,63	1,35
7	01/09/2024	1389,46	1,41
8	02/09/2024	1464,12	1,41
9	03/09/2024	1400,46	1,43
10	04/09/2024	1426,50	1,45
11	05/09/2024	1600,69	1,43
12	06/09/2024	1537,29	1,41
13	07/09/2024	1429,86	1,44
14	08/09/2024	1486,11	1,41
15	09/09/2024	1471,64	1,47
16	10/09/2024	1423,87	1,46
17	11/09/2024	1586,17	1,48
18	12/09/2024	1454,86	1,49
19	13/09/2024	1536,30	1,49
20	14/09/2024	1461,80	1,53
21	15/09/2024	1592,01	1,53
22	16/09/2024	1468,01	1,56
23	17/09/2024	1641,20	1,54
24	18/09/2024	1641,78	1,55
25	19/09/2024	1646,41	1,58
26	20/09/2024	1526,01	1,59
27	21/09/2024	1537,48	1,59
28	22/09/2024	1546,77	1,58
29	23/09/2024	1520,83	1,59
30	24/09/2024	1602,40	1,62

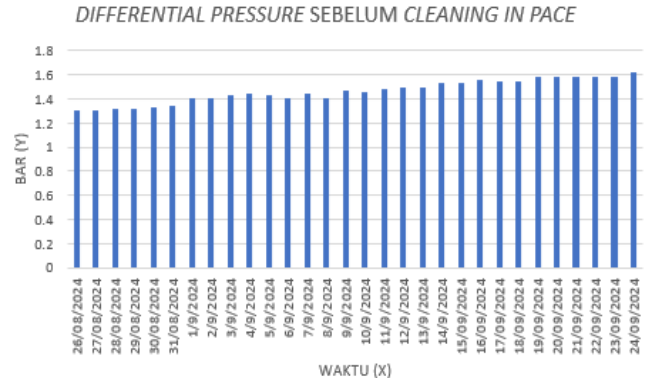
Hasil pengamatan *conductivity* sebelum *cleaning in place* (CIP) pada awal periode 26/08/2024 dengan nilai 1451,388 $\mu\text{S/cm}$ meningkat menjadi 1602,430 $\mu\text{S/cm}$ 24/09/2024. Untuk nilai *differential pressure* dari 1,31 bar naik hingga mencapai 1,62 bar. Kenaikan ini menunjukkan terjadinya akumulasi material yang menghalangi aliran air, meningkatkan beban

kerja pompa. Peningkatan *conductivity* dan *differential pressure* menunjukkan bahwa *membrane* mengalami penurunan kinerja. Hal ini disebabkan adanya material seperti kotoran organik, *scaling*, atau partikel padat yang menyumbat.



Gambar 3. *Conductivity* Sebelum CIP

Berdasarkan gambar 3 grafik ini menunjukkan tren kenaikan nilai konduktivitas produk air dari sistem sebelum dilakukan proses pembersih. Konduktivitas awal berkisar 1451 $\mu\text{S/cm}$ dan meningkat secara bertahap hingga mencapai 1602 $\mu\text{S/cm}$. Nilai konduktivitas yang tinggi mencerminkan bahwa *membrane* sudah kehilangan kemampuan selektifnya, diduga akibat akumulasi material organik/anorganik yang menghalangi fungsi permukaan *membrane*.



Gambar 4. *Differential Pressure* Sebelum CIP

Pada gambar 4 grafik ini memperlihatkan tren peningkatan diferensial dari 1,31 bar menjadi 1,62 bar dalam waktu ± 30 hari. Tekanan diferensial yang terus naik menunjukkan adanya hambatan aliran air karena penyumbatan di dalam modul *membrane*. Ini merupakan dasar kuat untuk melakukan CIP.

B. Data Sesudah Cleaning in Place (CIP)

Setelah pelaksanaan proses *cleanin in place* yang dilakukan selama 2 hari kinerja *membrane* SWRO kembali dianalisis untuk mengevaluasi perubahan terjadi. Pada proses *cleaning in place* dilakukan menggunakan bahan kimia yaitu, bahan asam dan alkali untuk membersihkan *fouling* yang menempel pada permukaan *membrane*.

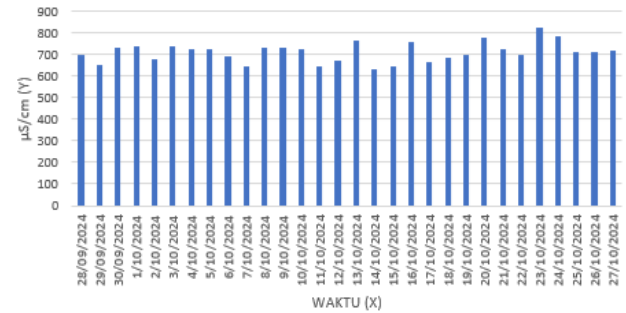
TABLE II
DATA SESUDAH *CLEANING IN PLACE* (CIP)
Sesudah *cleaning in place* (CIP)

No	Tanggal	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Differential pressure (BAR)
1	28/09/2024	697,91	1,83
2	29/09/2024	651,04	1,82
3	30/09/2024	729,74	1,82
4	01/10/2024	740,16	1,89
5	02/10/2024	680,54	1,86
6	03/10/2024	740,16	1,83
7	04/10/2024	723,95	1,75
8	05/10/2024	726,11	1,71
9	06/10/2024	689,39	1,67
10	07/10/2024	646,41	1,65
11	08/10/2024	729,74	1,71
12	09/10/2024	732,24	1,71
13	10/10/2024	722,01	1,61
14	11/10/2024	642,93	1,51
15	12/10/2024	668,40	1,60
16	13/10/2024	761,57	1,52
17	14/10/2024	633,10	1,59
18	15/10/2024	642,93	1,61
19	16/10/2024	754,47	1,69
20	17/10/2024	662,03	1,48
21	18/10/2024	681,34	1,49
22	19/10/2024	694,44	1,51
23	20/10/2024	677,08	1,60
24	21/10/2024	725,11	1,41
25	22/10/2024	697,33	1,42
26	23/10/2024	822,33	1,56
27	24/10/2024	783,35	1,58
28	25/10/2024	710,06	1,52
29	26/10/2024	712,22	1,55
30	27/10/2024	715,27	1,60

Pada Tabel II setelah *cleaning in place* parameter *conductivity* menurun dengan nilai awal 697,916 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada tanggal 28/09/2024, dan akhir periode 27/10/2024 meningkat menjadi 715,277 $\mu\text{S}/\text{cm}$. namun, kenaikan sementara hingga 822,338 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada periode 23/10/2024, hal ini menunjukkan bahwa adanya *fouling* baru mulai muncul kembali. *Differential Pressure* menurun dari 1,83 bar menjadi 1,60 bar. Penurunan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar *fouling* telah berhasil dihilangkan. Namun, nilai akhir masih jauh dari target optimal sekitar $\leq 1,5$ bar.

Cleaning in Place (CIP) mengurangi *fouling* dan *scaling* tetapi tidak sepenuhnya efektif masih terdapat sisa material pada *membrane* atau vessel seperti lumpur yang tidak terbilas sepenuhnya selama proses *flushing*.

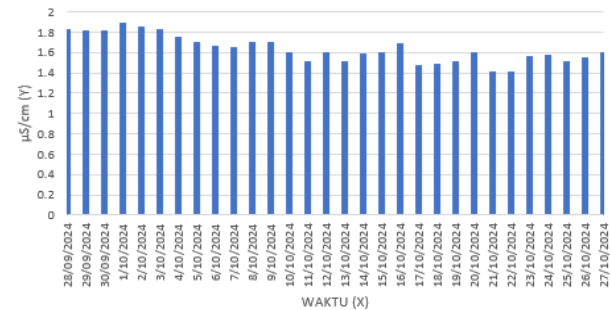
CONDUCTIVITY SESUDAH *CLEANING IN PLACE*



Gambar 5. Conductivity sesudah CIP

Pada gambar 5 grafik menunjukkan penurunan drastis konduktivitas ke angka sekitar 650–730 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Namun, terdapat lonjakan kembali hingga 822 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sekitar pertengahan siklus (23/10), yang menunjukkan munculnya kembali *fouling*.

DIFERENSIAL PRESSURE SESUDAH *CLEANING IN PLACE*



Gambar 6. Differential Pressure Sesudah CIP

Pada Gambar 6 menampilkan grafik *differential pressure* yang mengalami penurunan dari 1,83 ke 1,41–1,60 bar, namun tidak stabil dan belum kembali ke standar optimal ($\leq 1,5$ bar). Ini mengonfirmasi bahwa CIP hanya sebagian berhasil.

C. Data Sesudah Proses Manual

Pada tahap ini, proses manual dilakukan dengan mengeluarkan *membrane* dari vessel, lalu memasukkan *membrane* satu-per-satu kedalam alat pembersih dilakukan pembilasan 2,4 bar hingga 3,5 bar. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel III.

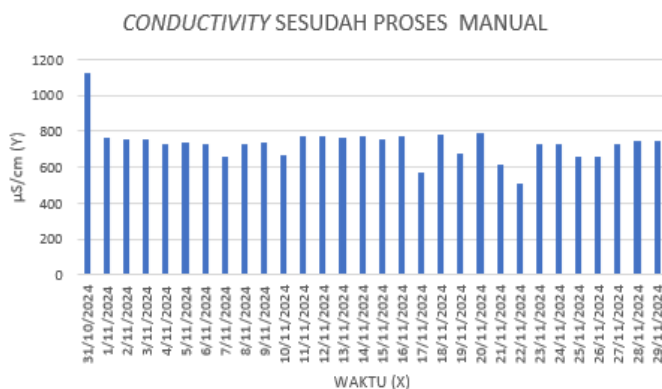
TABLE III
DATA SESUDAH PROSES MANUAL

Sesudah proses secara manual (pembongkaran)			
No	Tanggal	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Differential pressure (bar)
1	31/10/2024	1124,42	1,31
2	01/11/2024	763,31	1,28
3	02/11/2024	759,85	0,97
4	03/11/2024	752,94	0,98
5	04/11/2024	730,21	0,99
6	05/11/2024	742,05	1,22
7	06/11/2024	729,31	1,21
8	07/11/2024	659,40	1,23
9	08/11/2024	729,21	1,22
10	09/11/2024	735,68	1,21
11	10/11/2024	671,87	1,19
12	11/11/2024	771,41	1,09
13	12/11/2024	770,25	1,18
14	13/11/2024	766,62	1,17

15	14/11/2024	774,30	1,08
16	15/11/2024	756,94	1,05
17	16/11/2024	770,25	1,02
18	17/11/2024	570,02	1,06
19	18/11/2024	784,72	1,03
20	19/11/2024	676,50	1,06
21	20/11/2024	793,13	1,04
22	21/11/2024	617,70	1,04
23	22/11/2024	513,07	1,03
24	23/11/2024	729,01	1,06
25	24/11/2024	729,86	1,07
26	25/11/2024	656,18	1,08
27	26/11/2024	662,15	1,13
28	27/11/2024	732,21	1,09
29	28/11/2024	745,42	1,11
30	29/11/2024	745,37	1,13

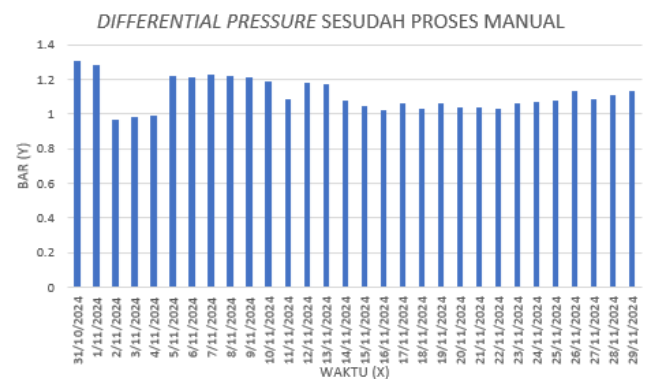
Pada tanggal 31/10/2024, nilai *conductivity* sebesar 1124,421 $\mu\text{S/cm}$ yang merupakan nilai tertinggi setelah dilakukannya proses pembersihan manual. Penurunan drastis pada tanggal 17/11/2024 dengan nilai 570,023 $\mu\text{S/cm}$, yang merupakan nilai terendah. Setelah penurunan signifikan, terjadi fluktuasi kecil, dimana nilai berkisaran anatar 656 $\mu\text{S/cm}$ hingga 784 $\mu\text{S/cm}$ pada sebagian waktu. Nilai *differential pressure* awal 31/10/2024 1,31 bar. Setelah pembersihan manual, *differential pressure* ini menunjukkan bahwa pembersihan manual berhasil mengurangi *fouling* atau penyumbatan pada *membrane*, sehingga aliran air melalui *membrane* menjadi lebih lancar. Peningkatan kecil hingga 1,13 bar pada tanggal 29/11/2024 dapat diindikasikan sebagai awal pembentukan *fouling* baru yang mungkin memerlukan pemantauan lanjut.

Proses manual memberikan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan *cleaning in place* (CIP) dalam mengembalikan kinerja *membrane*. Namun, metode ini memerlukan lebih banyak waktu, biaya, dan tenaga.



Gambar 7. Conductivity sesudah Proses Manual

Pada Gambar 7 grafik menunjukkan penurunan tajam nilai konduktivitas dari awal 1124 $\mu\text{S/cm}$ ke titik terendah 570 $\mu\text{S/cm}$, lalu stabil dalam rentang 650–780 $\mu\text{S/cm}$. ini menunjukkan pemulihan signifikan performa *membrane* setelah dibongkar dan dibersihkan secara fisik. Namun, nilai konduktivitas mendekati batas ideal ($< 600 \mu\text{S/cm}$).



Gambar 8. Differential pressure sesudah secara manual

Pada Gambar 8 menunjukkan penurunan tekanan diferensial pasca pembersih manual dari 1,31 bar ke rentang 0,97-1,13 bar. Nilai ini berada dalam batas optimal operasional sistem, dan stabil selama periode pemantauan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, bahwa metode *Cleaning in Place* efektif untuk mengatasi *fouling* ringan pada *membrane* SWRO dengan penurunan konduktivitas hingga 49,8% dan perbaikan tekanan diferensial, meskipun belum mencapai batas optimal, sedangkan pembersihan manual terbukti lebih efektif untuk *fouling* berat dengan hasil konduktivitas mencapai 570,02 $\mu\text{S/cm}$ dan tekanan diferensial dalam rentang 0,97-1,13 bar. Kombinasi kedua metode ini terbukti paling efektif dalam memulihkan performa *membrane* secara menyeluruh dan memberikan kontribusi praktis bagi industri pembangkit listrik dalam merancang strategi perawatan berbasis data operasional, dengan penelitian ini membandingkan langsung efektivitas CIP dan manual *cleaning* secara kuantitatif di lingkungan industri nyata, khususnya di sektor pembangkit. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal analisis kimiawi *fouling*, sehingga untuk kedepan disarankan dilakukan analisis jenis *fouling* secara laboratorium serta evaluasi jangka panjang terhadap performa *membrane* guna mendukung strategi pemeliharaan lebih prediktif dan efisien.

REFERENSI

- [1] I. Sukmawati, F. Afidati, And A. Ariani, "Pengaruh Dosis Biocide Terhadap Jumlah Koloni Pada Pengendalian Biofouling Di Feed Water Swro Pltu," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 7, No. 2, Pp. 190–195, 2023, Doi: 10.33795/Distilat.V7i2.211.
- [2] N. Imaruzi, Z. Zulkifli, And T. Rihayat, "Optimasi Unit Desalinasi Air Laut Dengan Alat Seawater Reverse Osmosis (Membran) Pada Unit Pltu Sulbagut I Gorontalo Menggunakan Metode Pendekatan Response Surface I-Optimal Design Expert," *J Teknol*, Vol. 24, No. 1, P. 52, 2024, Doi: 10.30811/Teknologi.V24i1.5068.
- [3] A. L. Kamal, A. H. Azzahra, A. Padmasari, And A. C. Santoso, "Implementasi Teknologi Sea Water Reverse Osmosis Dalam Mewujudkan Air Bersih Di Kepulauan Seribu," *Innovative: Journal of Social Science Research Volume*, Vol. 4, No. 3, Pp. 10049–10058, 2024, [Online]. Available: <https://J-Innovative.Org/Index.Php/Innovative%0aimplementasi>
- [4] W. Wulan Et Al., "Pengolahan Air Asin Menjadi Air Tawar Menggunakan Metode Reverse Osmosis Di Kelurahan Mendahara Ilir," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Pinang Masak*, Vol. 2, No. 2, Pp. 54–61, 2021, Doi: 10.22437/Jpm.V2i2.15331.

- [5] A. A. Ragetisvara and H. S. Titah, "Studi Kemampuan Desalinasi Air Laut Menggunakan Sistem Sea Water Reverse Osmosis (Swro) Pada Kapal Pesiar," *Jurnal Teknik Its*, Vol. 10, No. 2, 2021, Doi: 10.12962/J23373539.V10i2.63933.
- [6] D. D. S. Putri and A. Purnomo, "Kajian Instalasi Pengolahan Air Demineralisasi Dari Nalco Water an Ecolab Company," *Jurnal Teknik Its*, Vol. 12, No. 2, Pp. 123–128, 2023, Doi: 10.12962/J23373539.V12i2.120029.
- [7] A. Rahman, "Penggunaan Teknologi Sea Water Reverse Osmosis (Swro) Pada Proses Desalinasi Air Laut Using Seawater Reverse Osmosis (Swro) Technology in Seawater Larasati Putri Hapsari *, Aris Kabul Pranoto, Widi Ayu Rinjani , Anasri , Ika Penggunaan Teknologi Sea," Vol. 3, No. September, Pp. 153–164, 2022.
- [8] M. Yagturi and R. Hartati, "Identifikasi Kerusakan Mesin Sea Water Reverse Osmosis (Swro) Dengan Fault Tree Analysis (Fta) Di Pt. Pln (Persero) Upk Nagan Raya," *Journal of Social Research*, Vol. 1, No. 9, Pp. 972–981, 2022, Doi: 10.55324/Josr.V1i9.154.
- [9] F. Suryani, M. Madagaskar, And R. A. N. Moulita, "Analisis Pengaruh Waktu Dan Tekanan Terhadap Demineralisasi Air Buangan Ac Dengan Metode Reverse Osmosis," *Jurnal Redoks*, Vol. 7, No. 1, Pp. 1–9, 2022, Doi: 10.31851/Redoks.V7i1.7924.
- [10] M. B. S. R. Febriansyah, "Evaluasi Kinerja Membran Reverse Osmosis Dengan Metode Normalized Permeate Flow Di Water Treatment Plant Pt. X Muhamad Bilal Sabilassalam Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon-Banten Dengan Metode Normalized Permeate Flow Di Water Treatment Plant Pt," No. 33335200075, 2023.
- [11] M. Thohirin and A. Apriyanto, "Modifikasi Jalur Pipa Pada Keluaran Peralatan Media Penyaring Bertingkat Dengan Pemasangan Penyaring Tipe Y Pada Pltu Sebalang," *Teknika Sain: Jurnal Ilmu Teknik*, Vol. 6, No. 1, Pp. 35–42, 2021, Doi: 10.24967/Teksis.V6i1.1235.
- [12] J. Julyane and I. Rahmawati, "Demineralisasi Kalsium (Ca) Dan Besi (Fe) Pada Air Minum Soft Water Berteknologi Reverse Osmosis (Ro)," *Pharmaceutical Science and Clinical Pharmacy*, Vol. 2, No. 1, Pp. 26–32, 2024, Doi: 10.61329/Pscp.V2i1.28.
- [13] R. Nugroho, S. Yudo, D. R. K. Hartaja, Setiyono, Ikbai, And C. Ardiana, "Upaya Mempertahankan Kapasitas Membran Reverse Osmosis (Ro) Pada Instalasi Daur Ulang Air Limbah Di Industri Kaleng," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 24, No. 2, Pp. 264–272, 2023, Doi: 10.55981/Jtl.2023.987.
- [14] Taufik Hidayat Ramadhon, Zakijah Irfan, And Agung Nugroho, "Daur Ulang Air Limbah Menggunakan Reverse Osmosis Untuk Make Up Water Cooling Tower Di Pt Nutricia Indonesia Sejahtera," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 9, No. 2, Pp. 137–145, 2023, Doi: 10.33795/Distilat.V9i2.2686.
- [15] R. A. Santoso, S. Sudarti, And Y. Yushardi, "Mekanisme Teknologi Bioreaktor Membran (Mbr) Dalam Mengatasi Pencemaran Air," *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol. 7, No. 2, Pp. 439–445, 2023, Doi: 10.37478/Optika.V7i2.3402.