

Perencanaan Desain Sistem Instalasi Pengolahan Air Laut Menjadi Air Minum di Industri *Crude Palm Oil*

Mohamad Rangga Sururi, Dhafin Qinthara Nurimaba*, Mila Dirgawati, Yulianti Pratama

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung

*Koresponden email: dhafin140220014@gmail.com

Diterima: 29 Januari 2026

Disetujui: 04 Januari 2026

Abstract

PT XYZ recorded an increase in Crude Palm Oil (CPO) processing capacity, rising from 726,000 tons of Fresh Fruit Bunches (FFB) in 2023 to 792,000 tons in 2024. This expansion led to a surge in freshwater demand, reaching 67.21 L/s. The total water requirement is allocated as follows: 65.5 L/s for utility units (boiler and refinery), 1.67 L/s for non-domestic needs, and 0.04 L/s for domestic use. Conversely, the utilization of surface and groundwater faces significant challenges, including pollution, high salinity, and stringent environmental regulations (Law No. 32/2009). This study aims to design a Seawater Reverse Osmosis (SWRO) desalination system as a solution to meet the increasing industrial water demand. The research employs an engineering design approach supported by Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for selecting the pre-treatment units. Based on the MCDA results, the selected pre-treatment configuration consists of coagulation-flocculation, sedimentation, filtration, and cartridge filters to protect the SWRO membranes from fouling and scaling.

Keywords: *desalination, reverse osmosis, palm oil, pre-treatment, mcda*

Abstrak

PT XYZ mencatatkan peningkatan kapasitas pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) dari 726.000 ton Tandan Buah Segar pada tahun 2023 menjadi 792.000 ton pada tahun 2024. Kenaikan ini berdampak pada melonjaknya kebutuhan air bersih hingga 67,21 L/s. Total kebutuhan tersebut dialokasikan untuk unit utilitas (boiler dan refinery) sebesar 65,5 L/s, kebutuhan non-domestik 1,67 L/s, dan kebutuhan domestik 0,04 L/s.. Di sisi lain, pemanfaatan air permukaan dan air tanah menghadapi kendala polusi, salinitas tinggi, serta regulasi lingkungan yang ketat (UU No. 32/2009). Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem desalinasi *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO) sebagai solusi pemenuhan kebutuhan air industri yang mengalami peningkatan. Metode penelitian menggunakan pendekatan perencanaan teknik dengan bantuan analisis *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA) untuk pemilihan unit pre-treatment. Berdasarkan hasil analisis MCDA, konfigurasi pre-treatment yang dipilih meliputi unit koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan cartridge filter guna melindungi membran SWRO dari *fouling* dan *scaling*.

Kata Kunci: *desalinasi, reverse osmosis, palm oil, pre-treatment, mcda*

1. Pengenalan

Industri kelapa sawit, khususnya produksi *Crude Palm Oil* (CPO), merupakan sektor strategis ekonomi Indonesia dengan total produksi mencapai 48,68 juta ton pada tahun 2018 [1]. Operasional industri ini sangat bergantung pada pasokan air bersih dalam volume besar untuk kebutuhan proses produksi, seperti unit *boiler*, *cooling tower*, dan *refinery* [2], maupun untuk kebutuhan domestik karyawan meliputi air minum, sanitasi dan fasilitas pendukung [3]. Kualitas air yang digunakan harus memenuhi spesifikasi ketat; penggunaan air berkualitas rendah berisiko menyebabkan masalah teknis serius seperti korosi, penggerakan dan pertumbuhan lumut yang dapat menurunkan efisiensi operasional [4].

Namun, pemenuhan kebutuhan air baku menghadapi tantangan besar di wilayah pesisir, khususnya di Kalimantan. Sumber air permukaan seperti Sungai Kapuas seringkali tidak layak akibat polusi dan tingginya kadar salinitas (intrusi air laut) yang mencapai 15 ppt pada musim kemarau [5]. Di sisi lain, pemanfaatan air tanah dibatasi oleh regulasi lingkungan yang ketat melalui UU No. 32/2009 [6]. Kondisi ini menciptakan kesenjangan antara kebutuhan air industri yang terus meningkat dan ketersediaan sumber air tawar yang layak.

Sebagai solusi, teknologi desalinasi *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) menawarkan metode paling efisien untuk mengubah air laut menjadi air tawar berkualitas tinggi yang sesuai untuk standar industri [7]. Agar sistem ini bekerja optimal dan melindungi membran dari *fouling*, diperlukan rangkaian pra-pengolahan yang presisi mulai dari koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi hingga memasuki

cartridge filter [8]. Urgensi ini terlihat di PT XYZ yang mengalami kenaikan produksi CPO sebesar 9% pada tahun 2024 [9], sehingga menuntut pengembangan *Water Treatment Plant* yang lebih andal.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem desalinasi RO di PT XYZ sebagai solusi pemenuhan kebutuhan air industri. Analisis mencakup kerangka teknis dari pemilihan teknologi *pretreatment* hingga desain akhir sistem RO, serta estimasi biaya komprehensif. Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi model investasi bagi industri kelapa sawit di wilayah pesisir yang menghadapi kendala serupa dalam pengadaan air baku.

2. Metode Penelitian

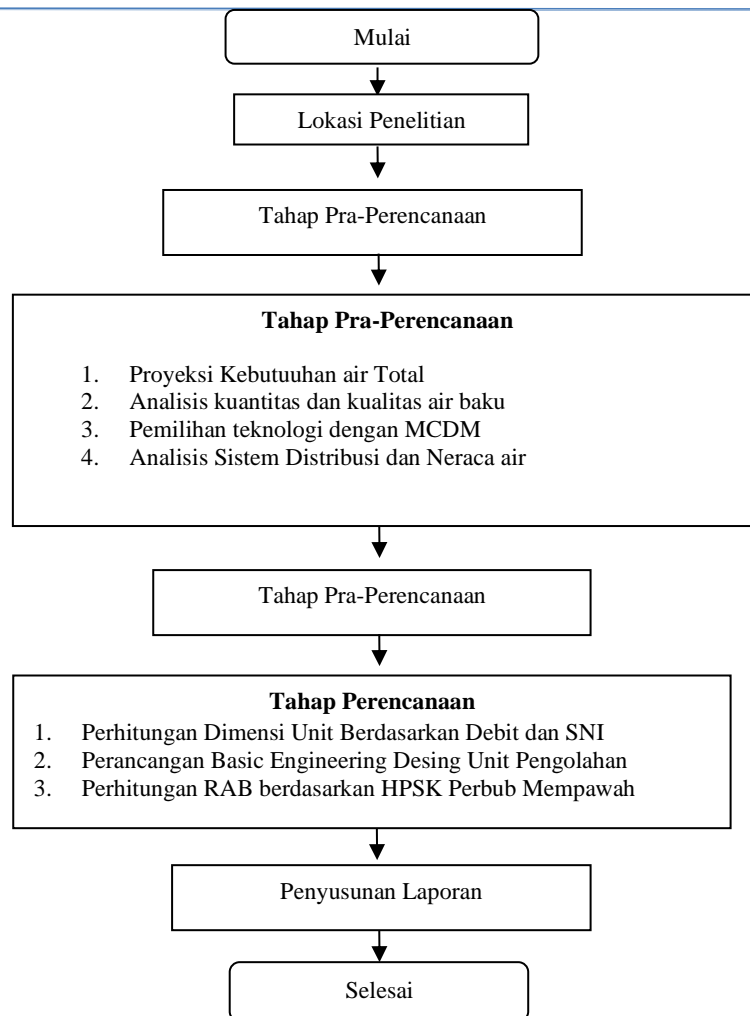
Penelitian ini dilakukan di PT XYZ, tepatnya pada *water treatment plant* yang berlokasi di Sungai Limau, Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. Lokasi ini dipilih karena merepresentasikan tantangan nyata industri pengolahan kelapa sawit di wilayah pesisir, di mana peningkatan kapasitas produksi harus dibarengi dengan ketersediaan air bersih yang stabil. Objek penelitian difokuskan pada unit utilitas pengolahan air laut menjadi air bersih (SWRO) untuk mendukung kebutuhan operasional yang krusial. Berikut merupakan posisi geografis *water treatment plant* milik PT XYZ yang diperoleh dari hasil citra satelit *google earth*.



Gambar 1. Lokasi Geografis Water Treatment Plant milik PT XYZ
Sumber: Citra Satelit Google Earth, 2024

Kerangka Perencanaan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi lapangan untuk menemukan permasalahan yang ada di PT XYZ, selanjutnya dilakukan proses pra perencanaan yang meliputi proyeksi kebutuhan air keseluruhan, analisa kuantitas dan kualitas air baku yang digunakan, melakukan pemilihan proses pre-treatment menggunakan metode AHP, serta menganalisa sistem distribusi dan neraca air di lokasi penelitian. Setelah proses pra perencanaan selesai, dilanjutkan pada tahap Perencanaan dengan melakukan perhitungan terhadap dimensi unit berdasarkan debit air dan SNI, merancang basic engineering desain unit pengolahan, dan melakukan perhitungan untuk menentukan rencana anggaran biaya yang diperlukan. Untuk kemudahan penyajian kerangka penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2. Flowchart Penelitian
 Sumber : Formulir Kerangka Acuan 2022

Analisis Kebutuhan Air

Distribusi air bersih dialokasikan ke dalam tiga sektor utama, meliputi untuk kebutuhan dalam sektor produksi, domestik, dan non-domestik. Detail kebutuhan debit air untuk masing-masing sektor disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Kebutuhan Air PT XYZ

Sektor Peruntukan	Debit Kebutuhan Air	Unit	Persentase
Proses Produksi (<i>Boiler & Refinery</i>)	65,5	L/s	97,45%
Kebutuhan Non-Domestik	1,674	L/s	2,49%
Kebutuhan Domestik	0,0365	L/s	0,06%
Total	67,2105	L/s	100.00%

Sumber : Hasil Penelitian 2024

3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini berfokus pada penyusunan strategi pemenuhan kebutuhan air industri berbasis teknologi desalinasi *reverse osmosis* mulai dari proses *pre-treatment* hingga perhitungan kebutuhan *membrane* sesuai dengan konsep keberlanjutan sumber daya air, hal ini dikarenakan kapasitas pengolahan air bersih diasumsikan berkembang secara bertahap mengikuti proyeksi peningkatan produksi *Crude Palm Oil* (CPO) perusahaan dari tahun 2023 hingga 2024.

Aspek Kebijakan

Strategi perencanaan yang dikembangkan dalam penelitian ini mempertimbangkan kondisi eksisting krisis ketersediaan air baku yang disebabkan oleh fenomena intrusi air laut di wilayah pesisir. Kondisi ini

telah menyebabkan penurunan kualitas air tanah dangkal dan mengurangi kapasitas pasokan air bersih bagi kebutuhan industri maupun domestik. Dalam merespons tantangan tersebut, strategi yang dirumuskan merujuk secara komprehensif pada regulasi pengelolaan lingkungan hidup sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang secara eksplisit membatasi tingkat pemanfaatan air sungai guna mencegah terjadinya eksploitasi sumber daya air yang berlebihan.

Selain itu, strategi perencanaan juga mengintegrasikan kebijakan pengelolaan sumber daya air tingkat lokal yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah setempat. Integrasi kebijakan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa operasional sistem yang dirancang tetap selaras dengan target efisiensi energi dan program konservasi air industri di kawasan pesisir, sehingga dapat mendukung keberlanjutan pasokan air jangka panjang tanpa mengorbankan keseimbangan ekologis wilayah.

Pemilihan Proses Pre-Treatment

Pemilihan teknologi *pre-treatment* untuk *reverse osmosis* didasarkan pada kualitas air laut dengan parameter yang tidak memenuhi baku mutu. Pemilihan dan penentuan teknologi *pre-treatment* harus mempertimbangkan aspek teknis dan aspek ekonomis dengan berdasarkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Data Kualitas air Laut

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
Parameter Fisika				
1	Temperatur**	°C	30	28-30
2	Kecerahan**	M	4.1	>3
3	Salinitas**	Ppt	31.5	33-34
4	TDS *	mg/L	24376.8	-
5	Turbidity *	NTU	238	5
6	TSS***	mg/L	181	80
Parameter Kimia				
6	pH *	-	8	0,6-0,9
7	Do**	mg/L	5.116	-
8	BOD***	mg/L	1.97	-
9	Amonia (NH3)***	mg/L	1.1	0.3
10	Fosfat***	mg/L	0.0009	-
11	Nitrat (NO3-N)***	mg/L	0.46	-
12	Raksa (Hg)***	mg/L	0.0001	0.003
13	Arsen (As)***	mg/L	0.012	-
14	Kadmium (Cd)***	mg/L	0.01	0.01
15	Tembaga (Cu)***	mg/L	0.05	0.05
16	Timbal (Pb)***	mg/L	0.238	0.05
17	Seng (Zn)***	mg/L	0.01	0.1
18	Nikel (Ni)***	mg/L	0.04	-
19	Minyak dan Lemak***	mg/L	0.4	5
20	Surfaktan (deterjen) sebagai MBAS***	mg/L	0.47	1
Parameter Biologi				
21	E. Coli	MPN/100 ml	75	200
22	Total Coliform	MPN/100 ml	2481	1000

Keterangan: (*) Hasil Pengukuran
 (**) Hasil penelitian Khairunnisa dkk., 2024 [10]
 (***) Hasil penelitian Wahyuningsih dan Suharsono, 2021 [11]

Berdasarkan hasil pemantauan parameter kualitas air di lokasi penelitian, ditemukan bahwa parameter salinitas, *Total Dissolved Solids* (TDS), *Total Suspended Solids* (TSS), penetrasi cahaya, dan turbiditas melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021. Tingginya kadar TDS,

yang didominasi oleh ion berukuran molekuler ($< 0,001 \mu\text{m}$) seperti natrium, kalsium, klorida, dan sulfat, mengharuskan penggunaan teknologi *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO) untuk mencapai standar air bersih. Namun, untuk menjaga integritas membran SWRO dari kerusakan mekanis dan kimiawi, diperlukan tahapan *pre-treatment* yang intensif guna mereduksi beban pencemar sebelum memasuki unit membran utama.

Densitas dan salinitas digunakan sebagai indikator tidak langsung untuk mengevaluasi kualitas air laut di perairan Kalimantan Barat. Hasil studi menunjukkan adanya variasi musiman yang signifikan:

- Musim Kemarau: Salinitas mencapai nilai tertinggi hingga 32.500 ppm, yang mengindikasikan kondisi air laut murni dengan polutan daratan minimal.
- Musim Hujan (Februari–April & Agustus–Oktober): Salinitas menurun hingga 28.900 ppm akibat pengenceran dari masukan air tawar dan sedimen daratan.

Kondisi salinitas yang rendah pada musim hujan mencerminkan peningkatan polusi dari aliran sungai, yang berpotensi meningkatkan risiko fouling dan scaling pada membran RO. Oleh karena itu, sistem *pre-treatment* dirancang untuk "menutup kesenjangan" antara kondisi air baku aktual yang fluktuatif dengan persyaratan teknis air umpan (*feed water*) yang dibutuhkan oleh membran SWRO.

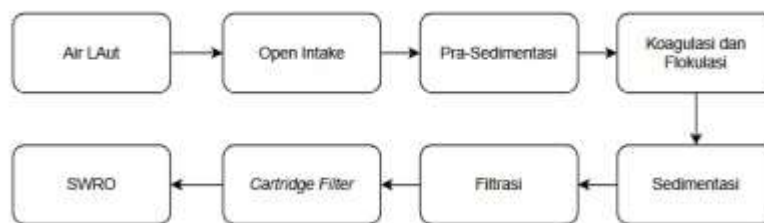
Untuk menentukan teknologi *pre-treatment* yang paling optimal, penelitian ini menerapkan metode *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA) melalui teknik skoring. Pendekatan ini memastikan pemilihan unit didasarkan pada analisis multivariat yang objektif guna menjamin keberlanjutan operasional sistem desalinasi. Pembobotan kriteria dilakukan dengan skala penilaian 1 hingga 5 untuk mengkuantifikasi parameter teknis, ekonomis, dan operasional dari setiap alternatif unit pengolahan pada tabel berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Skoring Pemilihan *Pre-treatment*

Kriteria	Bobot	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Efisiensi Turbidity	30%	Efektif untuk partikel <i>settleable</i> dengan diameter $>20 \mu\text{m}$, efisiensi 80-90% untuk partikel berat, namun kurang efektif untuk partikel koloidal halus ($<10 \mu\text{m}$) yang membutuhkan koagulasi intensif [12]	Sangat efisien menghilangkan partikel ringan, algae, dan koloidal ($1-30 \mu\text{m}$) dengan efisiensi 85-95%, cocok untuk <i>raw water</i> dengan kekeruhan rendah-sedang [12]	Tidak secara signifikan mempengaruhi turbidity, fokus utama pada <i>removal chlorine residual</i> [12]
		4	5	3
Kemudahan Operasi	10%	Sistem konvensional dengan operasi sederhana, tidak memerlukan kontrol rumit [13]	Membutuhkan kontrol presisi tekanan, laju alir, dan sistem injeksi udara yang kompleks [13]	Relatif mudah dioperasikan dengan sistem dosing kimia yang sederhana [13]
		5	3	4
Biaya Investasi	20%	Biaya konstruksi rendah, peralatan mekanikal minimal, teknologi <i>mature</i> dengan <i>spare parts</i> mudah didapat [14]	Membutuhkan <i>pressure vessel</i> , <i>air compressor</i> , <i>saturator tank</i> , dan <i>sophisticated control system</i> dengan biaya tinggi [14]	Biaya operasional untuk <i>chemical storage tanks</i> , dosing pumps, dan <i>mixing facilities</i> [14]
		5	3	4
Biaya Operasional	20%	<i>Chemical consumption</i> rendah, <i>energy consumption</i> minimal (hanya <i>sludge removal</i>), <i>maintenance cost</i> rendah [15]	<i>Energy consumption</i> tinggi untuk <i>compressor</i> dan <i>recycle pumps</i> , <i>chemical cost</i> untuk koagulan-flokulan, <i>maintenance intensif</i> [15]	Biaya kimia kontinu (SO_2 , NaHSO_3 , atau <i>activated carbon</i>), namun <i>energy consumption</i> rendah [15]
		5	3	3

Kriteria	Bobot	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Adaptabilitas	20%	Terbatas pada pengolahan partikel settleable, sensitif terhadap perubahan kualitas air [16]	Sangat adaptif untuk berbagai kondisi air baku, efektif untuk algae dan partikel ringan [16]	Spesifik untuk <i>dechlorination</i> , namun dapat dikombinasi dengan proses lain [16]
		4	5	4
Total Skor	-	23	19	18
Total	100%	4,2	4	3,5

Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan utama pre-treatment, yaitu menurunkan parameter yang melebihi baku mutu seperti turbidity. Performa pada unit pre-treatment ini menjadi prioritas penting dalam sistem pembobotan dan diikuti oleh pertimbangan efisiensi biaya. Pemilihan dilakukan berdasarkan bobot komposisi pertimbangan aspek teknis sebesar 60% dan aspek ekonomi sebesar 40%. Dengan mengacu pada tabel diatas dapat diketahui bahwa *pre-treatment* yang dibutuhkan meliputi Pra-Sedimentasi, koagulasi, dan flokulasi, Sedimentasi, filtrasi, dan *Cartridge filter* sebagai pemilihan pre-treatment untuk *Reverse osmosis* dengan gambaran sebagai berikut:



Gambar 3. Skematik Perencanaan Unit *Pre-treatment*

Unit SWRO

Unit *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO) ditetapkan sebagai proses inti dalam sistem desalinasi untuk memisahkan salinitas dan kontaminan terlarut dari air baku laut. Sistem ini beroperasi berdasarkan prinsip osmosis terbalik, di mana high-pressure pump memberikan tekanan hidrostatis sebesar 55–80 bar untuk melampaui tekanan osmotik alami air laut (sekitar 35.000 ppm). Tekanan ini memaksa molekul air melewati membran semipermeabel *spiral-wound*, sementara ion garam dan zat terlarut lainnya ditahan untuk menghasilkan permeat berkualitas tinggi yang memenuhi standar air industri [17].

Unit SWRO di lokasi penelitian terdiri dari komponen kritikal yang terintegrasi, meliputi pompa tekanan tinggi, *pressure vessel*, dan modul membran. Proses pemisahan di dalam *pressure vessel* menghasilkan dua aliran utama: permeat yang dialirkan ke tangki produk dan konsentrat (*brine*) yang dibuang kembali ke lingkungan secara aman. Untuk menjamin keberlanjutan masa pakai membran, sistem dilengkapi dengan unit *Flush* dan *Cleaning In Place* (CIP) yang berfungsi melakukan pembersihan kerak (*scaling*) dan penyumbatan (*fouling*) secara periodik [18].

Efisiensi operasional sistem SWRO diproyeksikan dan dievaluasi berdasarkan parameter kinerja utama sebagai berikut:

- *Recovery Rate*: Target rasio permeat terhadap umpan ditetapkan pada rentang 40–50%.
- *Salt Rejection*: Efisiensi penolakan garam ditargetkan mencapai 98–99,5% untuk memastikan kadar TDS produk sangat rendah.
- *Flux Rate*: Laju alir per luas permukaan membran dijaga pada rentang 10–14 gfd (gallons per square foot per day) untuk menyeimbangkan kapasitas produksi dengan risiko penyumbatan.
- *Beta Factor*: Faktor konsentrasi polarisasi dipertahankan di bawah 1,2 guna mencegah akumulasi zat terlarut pada permukaan membran yang dapat memicu *scaling* [18].

Tabel 4. Kriteria Desain Unit SWRO

Kriteria Desain Unit SWRO			
Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
Target Produksi Air	5.673,024	m ³ /hari	Kebutuhan Industri CPO
Fluks Desain Membrane	12-18.	m ³ /m ² /jam	Manual Book SUEZ[19]
Kapasitas Membrane per Vessel	7	buah	Spesifikasi Vessel
Konversi Satuan	264,172	GPD/(m ³ /hari)	Standar Konversi

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan desain unit SWRO:

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Unit SWRO

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Unit SWRO		
Parameter	Nilai	Satuan
Target Produksi	0,06566	m ³ /detik
Target Produksi (m ³ /hari)	5.673,024	m ³ /hari
Fluks Desain (asumsi terkoreksi)	15	L/m ² /jam
Luas Membrane per Unit	41	m ²
Kapasitas per Membrane	385	buah
Kapasitas Membrane per Vessel	7	buah
Kebutuhan Vessel	55	buah
Luas Total Vessel	1.236,95	m ²
Model Membrane	SUEZ AD-440	
Model Vessel	SeaPRO E-105	

Rencana Anggaran Biaya

Dengan proses pre-treatment yang sudah ditentukan dan unit SWRO yang sesuai maka berikut merupakan total anggaran biaya yang diperlukan:

Tabel 6. Rekapitulasi Rencana Anggaran biaya

No.	Deskripsi pekerjaan	Q'ty	Unit	Material	Biaya	Total (Rp)
L	Preliminaries	1	Lot		271.014.917,75	271.014.917,75
LI	Wwtp , Civil Work				-	-
A	Water Intake	1	Lot	68.107.580,00	24.980.204,33	93.087.784,33
B	Storage Pre-sedimentasi 12 M X 12 M X 3 M	1	Lot	866.845.571,38	206.854.328,59	1.073.699.899,97
C	Bak Penenang Dan Koagulasi	1	Lot	97.393.623,21	26.335.748,78	123.729.371,99
D	Bak Flokulasi	1	Lot	579.805.597,42	212.166.242,60	791.971.840,02
E	Bak Sedimentasi	1	Lot	426.253.757,42	136.643.689,05	562.897.446,47
F	Bak Filtrasi 1.4 M X 12 M	1	Lot	462.912.645,98	146.421.945,46	609.334.591,44
G	Pondasi Cartridge Filter (2.0 M X 2.0m X 0.4 M)	1	Lot	23.284.942,85	6.989.293,57	30.274.236,42
H	Pondasi Cartridge (2.0 M X 1.0m X 0.4 M)	2	Lot	32.310.973,20	8.773.404,02	82.168.754,44
Total						3.638.178.842,83

4. Kesimpulan

Implementasi teknologi SWRO merupakan solusi strategis untuk memenuhi lonjakan kebutuhan air bersih di PT XYZ yang mencapai 67,21 L/s. Total kebutuhan tersebut dialokasikan secara spesifik untuk unit utilitas (boiler dan refinery) sebesar 65,5 L/s, kebutuhan non-domestik 1,67 L/s, dan kebutuhan domestik 0,04 L/s. Penggunaan sumber air laut menjadi alternatif utama mengingat ketidaklayakan air permukaan seperti Sungai Kapuas akibat polusi dan salinitas tinggi, serta adanya batasan regulasi pemanfaatan air tanah berdasarkan UU No. 32 Tahun 2009. Meskipun demikian, hasil evaluasi kualitas air laut di lokasi penelitian menunjukkan bahwa parameter salinitas, TDS, TSS, penetrasi cahaya, dan turbiditas telah melampaui ambang batas PP No. 22 Tahun 2021. Kondisi ini mengharuskan adanya integrasi sistem *pre-treatment* yang intensif untuk mereduksi beban pencemar guna menjaga integritas membran utama. Berdasarkan analisis pengambilan keputusan menggunakan metode MCDA, konfigurasi pre-treatment yang paling optimal untuk mendukung kinerja sistem SWRO di lokasi ini terdiri dari rangkaian unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan *cartridge filter*.

5. Singkatan

CPO	<i>Crude Palm Oil</i>
SWRO	<i>Seawater Reverse Osmosis</i>
RO	<i>Reverse Osmosis</i>
TDS	<i>Total Dissolved Solids</i>
TSS	<i>Total Suspended Solids</i>

6. Referensi

- [1] Statistik. B. P, “Dalam angka. *Luas Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia*”, 2019.
- [2] Singh. R.. dan Setiawan. A. D, “Biomass energy policies and strategies: Harvesting potential in India and Indonesia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22. 332-345, 2013.
- [3] Persada. P. E. U, “Formulir Kerangka Acuan (KA): Rencana Kegiatan Peningkatan Kapasitas dan Pembangunan Fasilitas Pendukung Industri Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Beserta Turunannya”, Retrieved from Kabupaten Mempawah, 2022.
- [4] Yakarimilena. O, “Analisis Kontribusi Kerusakan Boiler terhadap Kegagalan Proses Produksi di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso menggunakan Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram”, Universitas Internasional Semen Indonesia, 2019.
- [5] Purnaini. R., Sudarmadji. S dan Purwono. S, “Pengaruh Pasang Surut Terhadap Sebaran Salinitas di Sungai Kapuas Kecil”, *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(2), 021-029, 2018.
- [6] Situmorang. L dan Amalia. H, “Dampak Pencemaran Lingkungan Hidup terhadap Masyarakat ditinjau dari UU NO. 32 Tahun 2009”, *Jurnal Kajian Hukum dan Pendidikan Kewarganegaraan*. 3, 2024.
- [7] Jones. E, Qadir. M, Van Vliet. M. T, Smakhtin. V, dan Kang. S-m, “The State of Desalination and Brine Production: a Global Outlook”, *Science of the Total Environment*, 657, 1343-1356, 2019.
- [8] Metcalf dan Eddy. A, “*Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*”, McGraw-Hill Education, 2014.
- [9] Aprobi, “Capacity Biodiesel TPY”, Diunduh dari <https://www.aprobi.or.id/id/member/pt-energi-unggul-persada/>, 2021.
- [10] Khairunnisa. N, Mandang. I dan Munir. R, “Penentuan Status Mutu Air Laut menggunakan Metode Indeks Pencemaran di Perairan Bontang Kalimantan Timur”, *Geosains Kutai Basin*, 7(1), 1-12, 2024.
- [11] Wahyuningsih. N dan Suharsono. Z. F, “Kajian Kualitas Air Laut di Perairan Kota Bontang Provinsi Kalimantan Timur (Study of the Quality of the Water Environment in Bontang City, East Borneo Province)”, *Ris Pembang*, 4(1), 56-66, 2021.
- [12] Crittenden. J. C, Trussell. R. R, Hand. D. W, Howe. K. J dan Tchobanoglous. G, “*MWH's Water Treatment: Principles and Design*”, John Wiley & Sons, 2012.
- [13] Kawamura. S, “*Integrated design and operation of water treatment facilities*”, John Wiley & Sons, 2000.
- [14] Qasim. M., Badrelzaman. M., Darwish. N. N., Darwish. N. A., dan Hilal. N, “Reverse osmosis desalination: A state-of-the-art review”, *Desalination*, 459, 59-104, 2019.
- [15] McGraw-Hill, “*Water treatment plant design*”, 1998.
- [16] Edzwald. J. K., dan Haarhoff. J, “Seawater pretreatment for reverse osmosis: Chemistry, contaminants, and coagulation”, *Water Research*, 45(17), 5428-5440, 2010.
- [17] Kucera. J, “*Reverse osmosis*”, John Wiley & Sons, 2023.
- [18] Abdulloh, Sudrajat Harris. "Desalinasi Air dengan Memanfaatkan Energi Terbarukan." *Pengolahan Air dengan Menggunakan Energi Terbarukan. Hal* (2015): 1-8.
- [19] Atkinson, Simon. "Wastewater treatment facilities in the USA and Europe employ SUEZ's MBR, UF and RO technologies." (2020): 5-7.