

BAB 1

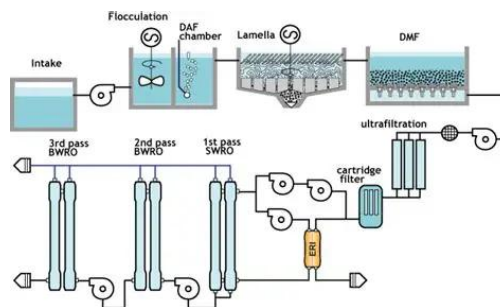
PENDAHULUAN

Bab satu pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah, asumsi penelitian dan sistematika penulisan. Penurunan harga jual, inflasi, proses di perusahaan, keahlian,

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan yang penting bagi industri pengolahan pangan skala besar, baik untuk proses produksi, pembersihan peralatan maupun utilitas pendukung lainnya. Seiring dengan pertumbuhan penduduk, peningkatan aktivitas industri serta dampak perubahan iklim membuat ketersediaan sumber air tawar konvensional semakin terbatas. Kondisi ini mendorong industri yang berlokasi di wilayah pesisir untuk mengadopsi teknologi desalinasi sebagai alternatif penyediaan air bersih. Salah satu teknologi yang digunakan yaitu teknologi *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO).

Teknologi *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO) bekerja dengan memanfaatkan membran *semi-permeabel* yang dapat memungkinkan molekul air melewati membran dengan tekanan tinggi, sementara garam dan zat terlarut lainnya akan tertahan sebagai larutan pekat (*brine*). Proses SWRO ini melibatkan berbagai tahapan mulai dari pengambilan air laut (*intake*), pra perlakuan (*pretreatment*), proses *reverse osmosis* hingga proses pengolahan *brine*. Secara teknologi SWRO dinilai lebih efisien dibandingkan dengan metode desalinasi lainnya seperti BWRO, sistem ini tetap membutuhkan konsumsi energi listrik yang tinggi serta penggunaan bahan kimia dalam jumlah tertentu, sehingga dapat berpotensi menimbulkan dampak lingkungan (Draper et al. 2024)



Gambar 1.1 Proses SWRO

Sumber : (Draper et al., 2024)

Penelitian yang dilakukan oleh Khadem et al., (2023) menunjukkan bahwa konsumsi energi merupakan kontributor utama terhadap dampak lingkungan pada sistem SWRO, khususnya pada kategori *Global Warming Potential* (GWP) akibat emisi CO₂ dari pembangkit listrik berbasis fosil. Selain itu, variasi kondisi operasi, sumber energi, serta strategi pengelolaan *brine* dapat memengaruhi besarnya dampak lingkungan yang dihasilkan oleh sistem SWRO (Alnajdi et al., 2024). Fenomena tersebut membutuhkan suatu pendekatan analitis yang mampu mengevaluasi dampak lingkungan secara menyeluruh sepanjang siklus hidup operasional sistem.

Berdasarkan data Statistik lingkungan hidup Indonesia tahun 2024 yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), emisi gas rumah kaca terbesar dihasilkan oleh penggunaan energi. Emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh penggunaan energi terus meningkat setiap tahunnya dan menjadi penyumbang emisi terbesar. Data terakhir yang didapatkan menunjukkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh penggunaan energi yaitu sebesar 727.330,26 Gg CO₂e pada tahun 2022. Selain penggunaan energi sektor lain yang turut menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca yaitu faktor IPPU, pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan, kebakaran hingga limbah.

Sektor Sector	2019	2020	2021	2022
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Energi/Energy	636.452,69	584.284,42	595.862,49	727.330,26
IPPU/Industrial Processes and Product Use	58.173,48	57.194,08	59.377,28	59.192,05
Pertanian/Agriculture	105.300,85	101.981,72	105.876,65	90.642,73
Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya/ Forestry and Other Land Uses	481.719,74	200.114,31	254.745,26	211.714,21
Kebakaran Gambut/Peat Fire	227.462,05	9.199,81	11.919,26	9.653,68
Limbah/Waste	120.333,20	124.753,28	128.274,38	130.188,21
Jumlah/Total	1.629.442,01	1.077.527,62	1.156.055,33	1.228.721,14

Gambar 1.2 Data emisi gas rumah kaca

Sumber : Badan Pusat Statistik

Urgensi penelitian ini didorong oleh tingginya konsumsi energi pada sistem *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO). Proses desalinasi melalui prinsip *Reverse Osmosis* memerlukan tekanan operasi yang sangat tinggi untuk mengatasi tekanan osmotik air laut, sehingga menyebabkan kebutuhan energi listrik yang signifikan terutama untuk unit pompa bertekanan tinggi. Pada sistem SWRO PT XYZ menggunakan sumber energi utama yaitu listrik PLN dengan penggunaan rata-rata

perhari yaitu 2241 Kwh dengan total 2 shift. Penggunaan konsumsi energi ini jelas sangat besar apa bila dibandingkan dengan konsumsi energi rumah setiap harinya yang hanya menghabiskan sekitar 8 Kwh setiap harinya.

Permasalahan menjadi semakin relevan ketika dikaitkan dengan tuntutan industri modern terhadap efisiensi biaya energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, serta implementasi prinsip keberlanjutan (*sustainability*). Industri pangan berskala besar seperti PT XYZ, yang berlokasi di wilayah pesisir dan bergantung pada unit SWRO sebagai penyedia air bersih operasional, berpotensi menghadapi dua risiko sekaligus yang meliputi peningkatan biaya operasional akibat tingginya konsumsi energi dan risiko peningkatan jejak karbon (*carbon footprint*) perusahaan. Tanpa evaluasi menyeluruh terhadap kinerja lingkungan sistem SWRO, potensi pemborosan energi dan kontribusi emisi dapat terus berlangsung tanpa teridentifikasi secara kuantitatif. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada efisiensi ekonomi perusahaan, tetapi juga pada komitmen jangka panjang terhadap praktik industri berkelanjutan.

Pendekatan yang dapat mengevaluasi dampak lingkungan secara menyeluruh sepanjang siklus hidup sistem yaitu metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Menurut (Albarbary & Tahwia, 2023) metode LCA memungkinkan untuk mengidentifikasi tahapan proses yang menjadi *hotspot* penyumbang dampak terbesar khususnya dalam kategori konsumsi energi dan *Global Warming Potention*. Namun identifikasi dampak dengan pendekatan LCA saja tidak cukup untuk menjawab kebutuhan industri. Diperlukan adanya pendekatan lanjutan yang mampu merancang serta memberikan solusi teknis yang realistis dan dapat diimplementasikan. Dalam konteks tersebut, *Diagram FAST* dapat digunakan untuk merumuskan alternatif perbaikan berbasis fungsi dengan mempertimbangkan keseimbangan antara dampak lingkungan dan biaya. Selanjutnya, proses pemilihan alternatif terbaik memerlukan metode pengambilan keputusan multikriteria yang mampu mengintegrasikan aspek lingkungan, biaya, teknis, dan keandalan operasional, yaitu melalui *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

Menurut Draper et al., (2024) hingga saat ini, penelitian mengenai sistem SWRO masih terbatas dan hanya berfokus pada analisis teknis penurunan konsumsi energi atau pada evaluasi dampak lingkungan menggunakan pendekatan LCA.

Beberapa studi menggunakan LCA untuk mengidentifikasi kontribusi emisi, namun berhenti pada tahap analisis tanpa melakukan integrasi pendekatan perancangan alternatif berbasis fungsi. Integrasi antara LCA, Diagram FAST dan *Analytical Hierarchy Process* dalam konteks system desalinasi skala industri pangan di Indonesia masih sangat terbatas. Belum banyak penelitian yang mengembangkan pendekatan terintegrasi yang tidak hanya mengidentifikasi *hotspot* dampak lingkungan tetapi juga merancang alternatif perbaikan dan melakukan evaluasi ulang.

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu bahwa penerapan rekomendasi perbaikan berbasis hasil *Life Cycle Assessment* (LCA), Diagram FAST dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada sistem SWRO PT XZY diduga berpotensi menurunkan konsumsi energi spesifik dan emisi gas rumah kaca per satuan volume air yang dihasilkan dibandingkan dengan kondisi saat ini. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini yaitu meliputi penurunan konsumsi energi (kWh/m^3) penurunan nilai *Global Warming Potential* ($\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{m}^3$) yang dapat diukur dan dijadikan dasar rekomendasi implementasi perbaikan sistem SWRO secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana dampak lingkungan dari sistem *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO) pada PT XYZ berdasarkan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA)?
2. Tahapan proses apa yang memberikan kontribusi terbesar (*hotspot*) terhadap konsumsi energi dan *Global Warming Potential* (GWP)?
3. Bagaimana penentuan kriteria dan alternatif perbaikan menggunakan diagram FAST dan AHP pada sistem SWRO?
4. Bagaimana penentuan alternatif perbaikan terbaik menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk meningkatkan *eco-efficiency* sistem SWRO?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis dampak lingkungan system *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO) di PT XYZ menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).
2. Mengidentifikasi tahapan proses yang memberikan kontribusi terbesar (*hotspots*) terhadap konsumsi energi dan *Global Warming Potential* (GWP).
3. Merumuskan alternatif perbaikan sistem menggunakan pendekatan Diagram FAST untuk meningkatkan keberlanjutan operasional SWRO di XYZ.
4. Menentukan alternatif perbaikan terbaik menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk meningkatkan *eco-efficiency* dan Mengevaluasi efektivitas alternatif terpilih melalui perbandingan hasil LCA kondisi eksisting dan kondisi usulan.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian yang mencakup manfaat teoritis dan manfaat praktis.

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dibidang *Life Cycle Assessment* khususnya untuk aplikasi SWRO pada industri pangan di Indonesia. Serta memberikan rekomendasi teknis berbasis *Eco-Efficiency* yang dapat diaplikasikan di SWRO.
2. Memberikan informasi bagi PT XYZ dalam mengevaluasi kinerja lingkungan unit SWRO.
3. Menjadi dasar bagi perusahaan dalam merancang strategi optimasi energi, pengolahan *brine*, serta pengambilan keputusan teknologi keberlanjutan.
4. Memberikan rekomendasi untuk penyusunan kebijakan internal terkait efisiensi energi, mitigasi emisi, dan praktik produksi berkelanjutan.

1.5 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah untuk Topik skripsi.

1. Ruang lingkup dibatasi pada proses SWRO mulai dari pengambilan air laut, pra-perlakuan, proses *reverse osmosis*, konsumsi energi, penggunaan bahan kimia, hingga pembuangan *brine* (*cradle-to-gate*). Proses hilir setelah air diproduksi tidak dianalisis.

2. Data primer digunakan sesuai ketersediaan dari PT XYZ. Kekurangan data dilengkapi dengan data sekunder dari literatur dan database LCA yang relevan.
3. Proses perhitungan analisis dilakukan dengan menggunakan *Software* SIMAPRO.
4. Penerapan *Diagram FAST* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) berfokus pada komponen sistem kritis yang memiliki dampak tinggi berdasarkan hasil LCA.

1.6 Sistematika Penulisan Penelitian

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab satu pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah, asumsi dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua tinjauan Pustaka berisi mengenai teori-teori yang digunakan dalam penelitian dan memiliki keterkaitan dengan masalah pada penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab tiga metode penelitian berisi waktu dan Lokasi penelitian, jenis penelitian, jenis data, variable penelitian, Teknik pengolahan data dan *flowchart* penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat hasil dan pembahasan berisi mengenai pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab lima Kesimpulan dan saran berisi Kesimpulan yang telah diperoleh dari hasil penelitian dan saran yang dapat diberikan kepada Perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

