



Perancangan Bangunan Menara Air pada Sistem Sea Water Reverse Osmosis

Frenki Imanto¹, Auliana Diah Wilujeng^{2*}, Misbakhul Fatah³, Abdul Hamid⁴, Septian Dwi Wijaya⁵

¹Program Studi Nautika, Politeknik Pelayaran Surabaya

^{2,3,4,5}Program Studi DIII Teknik Mesin Alat Berat, Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Politeknik Negeri Madura

¹frenkiimanto@gmail.com, ²auliana_dw@poltera.ac.id*, ³misbakhulfatah@poltera.ac.id, ⁴ahamchmie@poltera.ac.id,

⁵wijayaseptian@poltera.ac.id

Abstract

Water tower buildings using the SWRO (Sea Water Reverse Osmosis) system are needed as part of processing sea water into clean water. So that it can be used by the local community to meet their daily needs. In this research we designed a water building in the SWRO system by analyzing it using the FEM method. The upper frame is made from gray cast ATM A48 material with grade 25 with a C channel type profile measuring 80x8 mm. Meanwhile, the supporting frame is made of gray cast ATM A48 material with grade 25 with an L type profile with dimensions of 40x40x3 mm and 30x30x3 mm. The largest stress load stimulation was obtained at 415.8 MPa on the upper frame, which indicates it is in the safe category. Meanwhile, the largest displacement value was 60.46 mm for the upper frame. This shows that the design of water structures in the SWRO system in this research can be classified as safe.

Keywords: Water tower building, Frame, Sea water reverse osmosis

Abstrak

Bangunan menara air pada sistem SWRO (Sea Water Reverse Osmosis) diperlukan sebagai bagian dari pengolahan air laut menjadi air bersih. Sehingga dapat dimanfaatkan bagi masyarakat sekitar untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Pada penelitian ini kami merancang bangunan air pada sistem SWRO dengan menganalisis menggunakan metode FEM. Pada rangka bagian atas terbuat dari bahan gray cast ATM A48 dengan grade 25 dengan bentuk profil tipe kanal C ukuran 80x8 mm. Sedangkan rangka bagian penyangga dari bahan gray cast ATM A48 dengan grade 25 dengan bentuk profil tipe L dengan ukuran 40x40x3 mm dan 30x30x3 mm. Stimulasi beban tegangan terbesar diperoleh sebesar 415,8 MPa pada rangka bagian atas yang mengindikasikan dalam kategori aman. Sedangkan untuk nilai Displacement terbesar diperoleh sebesar 60,46 mm pada rangka bagian atas. Hal ini menunjukkan bahwa perancangan bangunan air pada sistem SWRO pada penelitian ini dapat digolongkan sebagai kategori aman.

Kata kunci: Bangunan menara air, Rangka, Sea water reverse osmosis

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar manusia untuk tetap bertahan hidup. Air dapat disebut sebagai sumber daya karena kemampuannya memenuhi kebutuhan manusia [1]. Oleh karena itu, kebutuhan air tawar menjadi penting. Air tawar didapat dari air tanah, dimana air tanah saat ini mulai sulit ditemui karena semakin sedikitnya lahan hijau untuk penyerapan air tanah. Sedangkan air laut bisa dimanfaatkan untuk menjadi air tawar. Dalam menyediakan pasokan air dari sistem *sea water reverse osmosis* untuk bangunan menara tempat penampungan air adalah penting. Fungsi utama meliputi penyediaan air minum dan yang diperlukan untuk kebersihan dasar dan kebutuhan

sehari-hari [2]. Penting juga bahwa penggunaan bangunan air yang memiliki rangka yang dapat menopang dengan volume tertentu. Menara air merupakan sebuah bak atau tempat penyimpanan air yang memiliki ketinggian dan dibuat sebagai tempat penampungan untuk persediaan air yang mana akan memberikan tekanan pada proses distribusi air [3]. Setiap truktur dari bangunan menara air harus mempunyai perencanaan yang matang agar stabil dan kokoh dalam menahan beban sehingga memenuhi persyaratan dalam keselamatan dan kelayakan dengan mempertimbangkan terhadap lokasi dan fungsi bangunan air tersebut [4].

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan menara air, ada beberapa faktor yang harus

diperhatikan. Faktor-faktor tersebut antara lain kualitas dan jumlah bahan yang dipakai. Selain itu faktor lain yang paling utama dan sangat vital adalah pembebanan yang pada struktur menara dan juga perencanaan pondasi menyesuaikan terhadap keadaan tanah pada wilayah atau tempat dimana bangunan menara air tersebut akan dibangun [5]. Salah satunya adalah pembuatan bangunan menara air untuk proses Sea Water Reverse Osmosis (SWRO).

SWRO merupakan suatu sistem yang mengolah air laut menjadi air tawar melalui proses desalinasi [6]. Di negara berkembang seperti Indonesia sistem SWRO sudah banyak digunakan karena memiliki banyak manfaat bagi lingkungan dan siklus kehidupan [7]. Dengan bersumber dari air laut untuk dikonversi menjadi air tawar sebagai kebutuhan pokok masyarakat sekitar. Sehingga kebutuhan akan air bersih selalu terpenuhi tanpa ada kesulitan terhadap sumber air. Setelah melalui proses reverse osmosis, butuh adanya penampungan air yang memadai agar hasil dari pengolahan tersebut tidak terbuang sia-sia. Pembuatan bangunan air merupakan salah satu komponen yang menjadi satu kesatuan pada proses reverse osmosis. Untuk memenuhi kebutuhan air tersebut, maka harus dibuat penampungan air yang cukup besar sehingga kebutuhan air untuk kegiatan sehari-hari dapat terpenuhi. Salah satunya adalah dengan perancangan bangunan air berupa menara air dengan kekuatan rangka yang mampu menopang air dengan volume yang memadai untuk kebutuhan masyarakat pesisir. Tantangannya adalah mendesain kekuatan rangka yang maksimal dengan bahan yang minimal.

1.2 Rumusan Masalah

Penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut: bagaimana merancang rangka batang struktur menara tangki air dengan metode kekakuan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya gaya dalam ujung batang (gaya aksial) yang terjadi pada struktur menara tangki air dengan menggunakan metode kekakuan serta perancangan rangka dari bangunan air.

2. Metode Penelitian

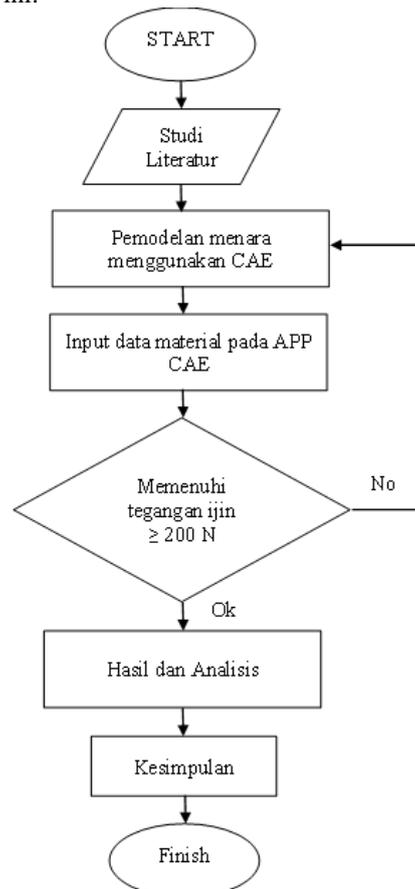
Studi literatur diperlukan untuk mengetahui teori-teori dasar analisa stuktur metode kekakuan dalam hubungannya dengan analisa rangka batang pada struktur menara air untuk memperdalam pengetahuan dan kemampuan dalam mengoperasikan program-program komputer yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pengumpulan data merupakan langkah untuk mencari dan memperoleh informasi yang diperlukan pada penelitian. Akan tetapi dalam penelitian tentang “Perancangan Bangunan Air Pada Sistem Sea Water Reverse Osmosis” ini, penulis tidak terlalu banyak mengumpulkan data di lapangan karena struktur menara air yang digunakan dalam penelitian ini

merupakan rancangan atau desain sendiri dari penulis dengan tetap berpedoman pada struktur menara-menara air yang sudah di bangun di Indonesia.

Prosedur penelitian kegiatan pelaksanaan tentang “Perancangan Bangunan Air Pada Sistem Sea Water Reverse Osmosis” adalah sebagai berikut:

- 1) Merancang atau mendesain menara air yang akan dianalisis rangka batangnya akibat beban gempa.
- 2) Mencari data atau informasi mengenai zona gempa yang ada di Indonesia.
- 3) Penelitian analisis rangka batang menggunakan metode “kekakuan”, langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :
 - Penentuan luas penampang profil dan bentang elemen.
 - Meninjau derajat kebebasan elemen terhadap sistem koordinat struktur.
 - Merakit matriks kekakuan struktur disetiap titik kumpul.
 - Menyelesaikan besarnya gaya-gaya dalam ujung batang (gaya aksial) setiap elemen.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

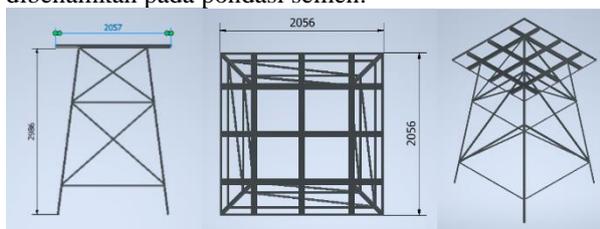
Metode Penelitian menjelaskan secara detail variabel-variabel yang digunakan pada penelitian. Skema instalasi penelitian juga dapat dimasukkan apabila ada.

3. Hasil dan Pembahasan

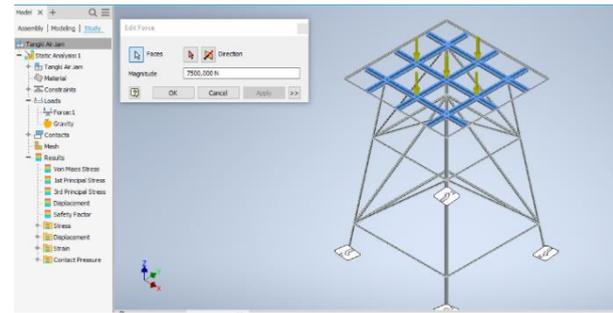
Penentuan material menggunakan metode eksperimen dengan bantuan perangkat lunak yang mampu menganalisa karakteristik suatu model atau biasa di sebut Finite Element Analysis (FEA) dan mencocokkan material yang tersedia di pasaran [8]. FEA adalah teknik matematika menggunakan rumus diferensial parsial untuk mengeksplorasi analisis desain. Fitur hebat dari Finite Element Method (FEM) mampu memperbaiki masalah desain hingga kerangka kerja yang rumit sekalipun [9]. Aplikasi perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Inventor, telah mendukung computer aided engineering yang salah satunya terdapat FEA yang membuat rumus dan membahas serta mengatur perilaku komponen, penulis menganalisa timbulnya suatu kejadian atau keadaan yang dihasilkan oleh kerja perangkat lunak atau software Inventor, kemudian diteliti dan bagaimana akibatnya.

Mengingat batasan maksimum defleksi yang diizinkan oleh rangka, maka harus menghitung defleksi yang terjadi pada rangka. Berdasarkan penelitian sebelumnya, hasil perhitungan yang dilakukan oleh sistem perangkat lunak sejenis menggunakan metode simulasi computer aided engineering memiliki tingkat akurasi rata rata 80,6% yang dibandingkan dengan perhitungan teoritis. Seperti yang disebutkan oleh Awwaludin pada tahun 2019 bahwa tingkat akurasi simulasi sebesar 99,78% [10]. Sedangkan Pahlawan., dkk pada tahun 2021 mendapatkan akurasi simulasi sebesar 91,24% dan Faujiyah, dan Risnandar pada tahun 2021 sebesar 94% [11,12].

Gambar rancangan desain konstruksi rangka dapat dilihat pada Gambar 1. Tinggi total dari konstruksi rangka ini adalah mm, lebar mm dan panjang mm. Untuk mengetahui aman tidaknya desain rangka ini, dilakukan Analisa statis menggunakan beban 5000 N. Beban ini didapat dari massa tangki air yang terisi air penuh dengan dikalikan safety factor sebesar 1,5 menjadi 7500 N seperti yang terlihat pada Gambar 2. Lokasi beban diasumsikan merata di seluruh permukaan atas rangka. Selain pemberian beban dan penentuan lokasi beban, untuk menjalankan simulasi juga dibutuhkan penentuan tumpuan yang digunakan pada rangka. Penulis memilih tumpuan tetap (fix support) dengan asumsi nantinya rangka ini akan dibenamkan pada pondasi semen.

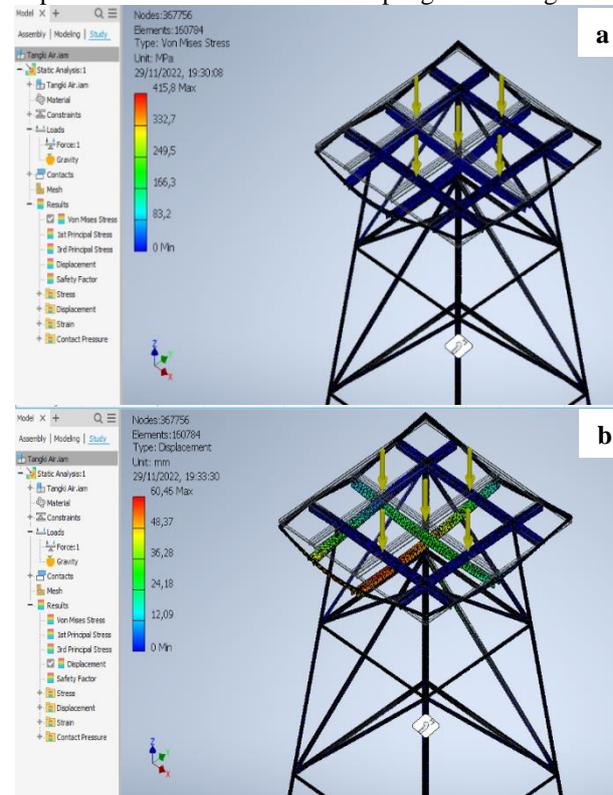


Gambar 2. Desain konstruksi rangka (a) tampak depan (b) tampak atas (c) pandangan isometri



Gambar 3. Pemberian beban dan lokasi pembebanan

Hasil simulasi kekuatan rangka menggunakan software Inventor ditunjukkan pada Gambar 3 berikut. Rangka dibuat dua macam, rangka atas dan rangka penyangga. Untuk rangka atas, penulis menggunakan besi tipe kanal C ukuran 80x8 mm dengan bahan gray cast ATM A48 dengan grade 25 agar lebih kuat menopang beban. Sedangkan rangka penyangga, penulis menggunakan besi siku L ukuran 40x40x3 mm dan 30x30x3 mm. Perbedaan penggunaan profil rangka ini menyesuaikan setelah beberapa percobaan simulasi dengan profil yang berbeda untuk mendapatkan displacement yang kecil. Dari hasil simulasi didapatkan beban maksimum sebesar 415,8 MPa yang terletak pada rangka bagian atas. Namun sebenarnya rangka bagian atas ini lebih banyak yang berwarna biru yang mengindikasikan beban masih bisa ditopang dengan rangka tersebut. Sedangkan defleksi maksimal terjadi sebesar 60,46 mm pada daerah rangka atas. Hal ini dapat dikatakan aman untuk menopang beban tangki.



Gambar 4. Hasil simulasi (a) principal stress (b) displacement

4. Kesimpulan

SWRO merupakan salah satu upaya mendapatkan air bersih dengan cara osmosis air laut. Ketika hasil proses SWRO ditampung dalam bendungan/tandon, maka rangka penopang tandon haruslah kokoh dan kuat. Hasil simulasi menunjukkan adanya beban statis pada rangka akibat beban tandon dan isinya. Rangka bagian atas terbuat dari gray cast ATM A48 UNP 80x8 mm. Sedangkan rangka bawah berbahan sama namun profilnya tipe L ukuran 40x40x3 mm dan 30x30x3 mm. Beban maksimum yang dapat ditampung pada desain rangka ini adalah sebesar 415,8 Mpa dengan defleksi maksimum sebesar 60,46 mm Kedepannya, pengujian terhadap beban dinamis sangat memungkinkan untuk dilakukan.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Politeknik Pelayaran Surabaya melalui penulis pertama dan Politeknik Negeri Madura yang telah mendukung dalam penyediaan sarana dan prasarana demi terselesaikannya penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Hapsari, L.P., Pranoto, A.K., Rinjani, W.A., Anasri, Anjani, I., Rahman, A. (2022). Penggunaan Teknologi Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) Pada Proses Desalinasi Air Laut, 3(3), 161-172. [p://dx.doi.org/10.15578/plgc.v3i3.11302](https://dx.doi.org/10.15578/plgc.v3i3.11302)
- [2] Jack, L. B., & Swaffield, J. A. (2009). Embedding sustainability in the design of water supply and drainage systems for buildings. *Renewable Energy*, 34(9), 2061–2066. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.009>
- [3] Agthen, Y. A., Windah, R., & Pandaleke, R. (2019). Analisa Rangka Batang Struktur Menara Tangki Air Akibat Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1027–1038
- [4] Poluan, D. S., Pandaleke, R., & Dapas, S. O. (2019). Respons Dinamik Struktur Rangka Baja Menara Air dengan Variasi Elemen Pengaku Lateral. *Jurnal Sipil Statik*, 7(3), 367–378.
- [5] Fadila, S. (2014). Analisa Desain Struktur Dan Pondasi Menara Pemancar Tipe “ Self Supporting Tower ” Di Kota Palembang. *Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(4), 682–691.
- [6] Ragetisvara, A. A., & Titah, H. S. (2021). Studi Kemampuan Desalinasi Air Laut Menggunakan Sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada Kapal Pesiar. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.63933>
- [7] Yagturi, M., & Hartati, R. (1970). Identifikasi Kerusakan Mesin Sea Water Reverse Osmosis (Swro) dengan Fault Tree Analysis (Fta) Di Pt. Pln (Persero) Upk Nagan Raya. *Journal Of Social Research*, 1(9), 972–981. <https://doi.org/10.55324/josr.v1i9.154>
- [8] Waluyo, S. (2011). Pengenalan Ababil: Program Finite Element Analysis (FEA) 3-Dimensi Untuk Struktur Rangka-Batang. *Dinamika Rekayasa*, 7(1), 9-13.
- [9] Sri, T., Asih, N., & Waluya, S. B. (2018). Perbandingan Finite Difference Method dan Finite Element Method dalam Mencari Solusi Persamaan Diferensial Parsial. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 1, 885–888.
- [10] Awwaluddin, M. (2019). Analisa Kekuatan Rangka Sepeda Listrik Menggunakan Software SolidWorks. *Piston: Journal of Technical Engineering*, 3(1), 5–16. <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/Piston/article/view/7486>
- [11] Faujiyah, F. (2021). Perancangan Pengembangan Rangka Pada Mesin Pengaduk Adonan Pangsit Labu. *Jurnal TEDC*, 15(2). <http://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/492%0Ahttps://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/download/492/361>
- [12] Restu Pahlawan, A., Hanifi, R., & Santosa, A. (2021). Analisis Perancangan Frame Gokart dari Pengaruh Pembebanan dengan Menggunakan CAD Solidworks 2016. *Jurnal METTEK*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.24843/mettek.2021.v07.i01.p01>