

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Masalah kelangkaan air bersih menjadi hal yang serius dan semakin mendesak. Pertumbuhan populasi yang terus meningkat dan perkembangan infrastruktur telah menyebabkan permintaan yang tinggi terhadap kebutuhan air bersih. Beberapa solusi telah diajukan untuk mengatasi masalah ini, seperti pemanenan air hujan. Namun, efektivitas pemanenan air hujan dapat terpengaruh oleh perubahan iklim yang tidak stabil. Oleh karena itu, pemanenan air hujan tidak dapat diandalkan sepenuhnya sebagai solusi untuk mengatasi masalah kelangkaan air bersih ini [1]. Alternatif lain dalam perihal pemanfaatan air hujan adalah memanfaatkan sumber air sungai dan air tanah yang saat ini mengalami keterbatasan dan mengancam kelangkaannya di banyak wilayah. Sebaliknya, sumber air yang melimpah secara global terdapat di lautan, yang menyumbang sekitar 97% dari total ketersediaan air di Bumi [2]. Salah satu solusi terbaik dalam menghadapi kekurangan air bersih ini adalah proses desalinasi air laut, yang memungkinkan konversi air laut menjadi air bersih tanpa perlu khawatir terhadap perubahan iklim dan ketersediaan air.

Desalinasi air laut merupakan suatu proses di mana air dari laut dipisahkan menjadi dua komponen. Salah satu komponen adalah air segar atau *Permeate* yang memiliki konsentrasi garam yang rendah, sementara komponen lainnya adalah larutan air garam atau *retentate* yang memiliki konsentrasi garam yang tinggi [3]. Proses desalinasi kian mengalami perkembangan dari waktu ke waktu, dengan adanya beberapa metode dasar yang digunakan. Beberapa metode tersebut meliputi distilasi termal, pemisahan menggunakan membran, elektrodialisis, dan berbagai metode lainnya [2]. Desalinasi termal dan metode membran adalah dua metode yang sering digunakan dalam proses desalinasi. Saat ini, penggunaan metode desalinasi air laut dengan menggunakan membran sedang mengalami perkembangan yang signifikan [4].

Membran adalah lapisan tipis terbuat dari bahan polimer sintetis yang tahan terhadap tekanan dan memiliki ketahanan kimia yang baik. Memiliki pori-pori sangat kecil, sekitar 0,0001 mikrometer, yang memungkinkan hanya molekul air murni untuk melewati sementara kontaminan seperti garam, logam berat, zat organik, dan partikel lainnya terperangkap dan ditahan di sisi lain membrane [5]. Aplikasi desalinasi menggunakan membran mempunyai beberapa metode. Salah satu pilihan metode untuk desalinasi membran adalah *Reverse Osmosis* (RO).

Teknologi RO dianggap sebagai metode desalinasi yang paling efisien karena menggunakan tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan osmotik untuk memisahkan larutan melalui membran [6]. Dalam tahap desalinasi, RO memiliki beberapa komponen yang sangat penting yaitu *Energy Recovery* unit dan *high pressure pump* [7]. *High Pressure Pump* diperlukan untuk menekan *Feed Water* atau air umpan. Tekanan air umpan digunakan untuk melawan gaya osmotik [8]. Seperti perangkat lainnya, pompa membutuhkan sumber energi untuk bergerak.

Sumber energi terbarukan seperti energi matahari, angin, air, dan biomassa tidak hanya melimpah, tetapi juga memiliki siklus regeneratif yang tidak terbatas. Energi terbarukan merupakan solusi yang dapat mengatasi masalah ini. Berbagai sumber energi terbarukan telah dikembangkan untuk menggantikan sumber energi konvensional seperti gas alam dan minyak bumi. Sumber energi terbarukan seperti energi matahari, angin, air, dan biomassa tidak hanya melimpah, tetapi juga memiliki siklus regeneratif yang tidak terbatas [9]. Seiring dengan perkembangan teknologi, energi terbarukan semakin efisien dan terjangkau. Selain itu, penggunaan energi terbarukan juga dapat mengurangi biaya produksi dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai contoh, pabrik-pabrik desalinasi dapat menggunakan energi matahari untuk menggerakkan proses desalinasi, sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menghasilkan air bersih tanpa menyebabkan polusi [3]. Dengan mengadopsi energi terbarukan secara luas, kita dapat mengurangi ketergantungan kita pada sumber energi konvensional yang memiliki keterbatasan dalam hal waktu hidup dan berkontribusi terhadap perubahan iklim. Selain itu, beralih ke energi

terbarukan juga dapat membuka peluang baru untuk pembangunan ekonomi yang berkelanjutan dan menciptakan lapangan kerja baru di sektor energi.

Potensi pemanfaatan energi terbarukan dalam menghasilkan listrik bagi masyarakat sangatlah besar. Upaya terus dilakukan untuk mengembangkan teknologi yang dapat memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan dalam skala kecil dengan biaya yang terjangkau dan mampu memenuhi kebutuhan masyarakat, terutama dalam bidang tenaga surya dan energi angin. Selain itu, pengembangan energi terbarukan juga berperan penting dalam mengurangi ketergantungan terhadap pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Dengan mengandalkan sumber energi terbarukan, kita dapat mengurangi ketergantungan pada energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik menggunakan bahan bakar fosil. Dengan terus mendorong pengembangan energi terbarukan, kita dapat menciptakan sistem energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Selain itu, ini juga akan membuka peluang baru dalam menciptakan lapangan kerja dan mendorong pertumbuhan ekonomi di sektor energi [10]. Dalam penggunaan energi, diperlukan penggunaan peralatan atau sistem khusus. Salah satu contoh penggunaan peralatan atau sistem yang mengubah energi adalah melalui pemanfaatan sel surya atau panel surya untuk mengkonversi energi matahari [11]. Sedangkan untuk pemanfaatan energi angin dibutuhkan sebuah turbin angin [12].

Indonesia memiliki banyak energi matahari dan angin, ini merupakan peluang untuk menghasilkan listrik. Sistem pembangkit listrik tenaga surya *Hybrid* menggabungkan generator dengan sistem konversi energi matahari sebagai sumber listrik [13]. Dalam penggunaan energi matahari dengan menggunakan sel surya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik dan penggunaan energi angin dengan menggunakan turbin angin untuk menghasilkan listrik, energi ini dapat digunakan secara terus menerus dan tidak akan habis. Energi ini biasa disebut energi *Hybrid*, yang merupakan gabungan dari energi matahari dan angin. Generator *Hybrid* yang akan dibuat dengan menggabungkan dua pembangkit listrik. Memungkinkan untuk menghemat energi listrik seperti PLN dengan menggunakan pembangkit listrik *Hybrid*.

Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik *Hybrid* dapat digunakan untuk mengoperasikan pompa bertekanan tinggi dalam sistem desalinasi menggunakan metode RO (Reverse Osmosis) [14]. *Reverse Osmosis* adalah proses memisahkan molekul-molekul air dari senyawa-senyawa lain dengan menggunakan tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan osmotik. *Reverse Osmosis* sering digunakan untuk menghasilkan air bersih dari air yang tercemar atau mengandung mineral yang berlebihan. Penggunaan ROSA untuk mengevaluasi kinerja sistem RO dan membantu menentukan bagaimana sistem tersebut dapat dioptimalkan dan merupakan pilihan terbaik. ROSA membutuhkan data tentang kualitas air masuk dan air keluar dari sistem RO, serta data tentang kondisi operasi sistem RO, seperti tekanan, suhu, dan konsentrasi. Dengan menggunakan ROSA, dapat mengevaluasi efisiensi sistem RO dan mencari cara untuk meningkatkan kinerjanya. Performa gabungan antara dua teknologi *Hybrid* dan RO dapat dipelajari melalui simulasi. Beberapa peneliti telah melakukan studi untuk memahami kinerja gabungan teknologi ini melalui simulasi dan juga eksperimen, seperti studi yang dilakukan oleh Habib Cherif dan Jamel Belhadj tentang pemodelan desalinasi tenaga surya dengan menggunakan RO yang ditenagai oleh teknologi *Hybrid* [14]. Penelitian ini melibatkan perancangan alat desalinasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER [15].

Dalam menghadapi kebutuhan yang semakin berkurang akan air dan bahan bakar, penting untuk mengadopsi metode pengolahan air yang memanfaatkan sumber energi terbarukan yang melimpah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan pengolahan air laut menggunakan teknologi *Hybrid*. Penelitian ini fokus pada optimasi biaya pembangkitan listrik melalui penggunaan pembangkit listrik *Hybrid*, yang akan dilakukan melalui penggunaan perangkat lunak HOMER. (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) [16] karena energi terbarukan seperti solar PV dan energi angin menjadi jauh lebih murah kini dibandingkan satu dasa warsa lalu, inilah saatnya bagi pemerintah dan sektor swasta buat berinvestasi pada energi terbarukan. Terutama negara maju, sudah berhasil mengubah sumber tenaga listriknya menjadi energi terbarukan yang bisa dipelajari oleh negara berkembang

berasal pengalamannya. pada beberapa masalah, energi terbarukan jauh lebih murah daripada bahan bakar fosil, terutama mengingat sudut pandang keamanan energi. Hal ini terbukti pada negara-negara Eropa seperti Jerman, Denmark, Swedia, serta Norwegia [17], oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mendorong penggunaan energi terbarukan pada dalam negeri menggantikan batu bara, gas, serta minyak bumi. Tujuan studi ini artinya untuk melakukan analisis tekno-ekonomi dan mengoptimalkan sistem diesel serta tenaga terbarukan untuk pulau terpencil pada Samudra Hindia menggunakan aplikasi HOMER-Pro. Akibatnya, kebaruan penelitian ini terletak di optimalisasi tenaga *Hybrid* yang berdiri sendiri dan konfigurasi sistem energi terbarukan untuk daerah pesisir kota langsa. Penelitian ini bertujuan buat mempertinggi aksesibilitas, kualitas, dan keandalan pasokan listrik terbarukan menggunakan analisis tekno-ekonomi.

1.2. Rumusan Masalah

Dari penjelasan yang telah disampaikan pada latar belakang sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan mengenai rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa volume air segar (*Permeate*) yang dapat diproduksi menggunakan daya yang dihasilkan oleh sistem *hybrid*?
2. Berapa banyak daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan air segar (*Permeate*) dengan batasan *Total Dissolved Solid* (TDS) sesuai kebutuhan (<1000 mg/l) berdasarkan jumlah pasokan kebutuhan air bersih di Kota Langsa dan dengan menggunakan desain *Reverse Osmosis* (RO) yang optimal?
3. Bagaimana konfigurasi sistem *Hybrid* (ukuran area panel surya dan jumlah turbin angin) yang akan dibangun berdasarkan kebutuhan daya yang sesuai dengan kondisi iklim di Kota Langsa?
4. Bagaimana rekomendasi yang akan dibuat mengenai pembangunan desain teknologi desalinasi air laut yang tepat dan layak

1.3. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti, antara lain sebagai berikut:

1. Mencari tahu seberapa besar volume produksi air segar (*Permeate*) yang dapat dihasilkan menggunakan teknologi *Hybrid*.
2. Mengetahui daya yang diperlukan untuk menghasilkan *Permeate* sesuai dengan tingkat *Total Dissolved Solid* (TDS) yang diinginkan, berdasarkan kebutuhan air di Kota Langsa dan menggunakan desain RO yang sesuai.
3. Mengetahui konfigurasi sistem yang akan dibangun berdasarkan kondisi iklim dan kebutuhan air bersih di Kota Langsa.
4. Memberikan rekomendasi pembangunan desain teknologi desalinasi air laut yang tepat dan layak untuk diterapkan sebagai penyedia air bersih bagi masyarakat di wilayah pesisir Kota Langsa khususnya dan masyarakat Kota Langsa pada umumnya.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian yang akan dilakukan, terdapat beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan, antara lain::

1. Pada tulisan ini dibahas mengenai energi yang dibutuhkan oleh pompa tekanan tinggi untuk mengalir membran
2. Rancangan didapat dari penelitian terdahulu.
3. Tidak melakukan percobaan eksperimental
4. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak ROSA untuk menganalisa desalinasi air dan HOMER untuk mensimulasikan operasi jangka panjang dari sistem tenaga mikro

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah produksi air yang dapat diperoleh sesuai dengan sumber daya radiasi matahari di wilayah tersebut.

1. Tersedianya air bersih bagi masyarakat pesisir tanpa perlu memikirkan sumber air, perubahan iklim dan sumber energi.
2. Menambah lapangan pekerjaan.
3. Mensejahterakan masyarakat sekitar