

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, serta peningkatan kualitas hidup masyarakat di Indonesia berdampak pada meningkatnya konsumsi listrik nasional. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, konsumsi listrik per kapita tercatat naik menjadi 1.172,73 GWh. Peningkatan konsumsi ini sejalan dengan bertambahnya sarana penyediaan tenaga listrik. Permintaan listrik yang tinggi menuntut ketersediaan pembangkit yang andal dan efisien untuk memenuhi kebutuhan beragam sektor, mulai dari industri, komersial, hingga rumah tangga. Masih merujuk pada data BPS, kapasitas pembangkit terpasang mencapai 83.813,09 MW, dengan dominasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebesar 50,52% dan diikuti oleh Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) sebesar 15,99% [1]

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Cilegon memiliki peranan signifikan dalam pemenuhan kebutuhan listrik nasional, khususnya di Provinsi Banten dan wilayah sekitarnya. Pembangkit ini memiliki kapasitas terpasang total sebesar 740 MW, yang terdiri atas dua unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) masing-masing berkapasitas 240 MW, serta satu unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kapasitas 260 MW.

Upaya menjaga keandalan tidak hanya bergantung pada kapasitas pembangkitan, tetapi juga pada kesiapan peralatan pendukung dan stabilitas operasi harian. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pemeliharaan yang lebih proaktif dan berbasis data agar peralatan penting dapat dipantau kondisinya secara konsisten, sehingga potensi gangguan dapat diantisipasi lebih awal dan keandalan operasi pembangkit tetap terjaga. [2].

Ketersediaan energi listrik yang cukup, andal, dan berdaya saing merupakan kebutuhan utama bagi para konsumen. Oleh sebab itu, peningkatan efektivitas dan efisiensi operasional menjadi faktor penting bagi perusahaan, terutama di tengah persaingan yang semakin ketat di sektor ketenagalistrikan. PLTGU Cilegon memanfaatkan air laut sebagai media pendingin utama sekaligus sebagai sumber air baku untuk proses pengolahan. Pemanfaatan air laut dipilih karena jumlahnya yang melimpah dan biaya operasional yang relatif rendah. Sebagian air laut tersebut kemudian diolah menjadi air tawar melalui proses distilasi dengan memanfaatkan uap buang dari turbin uap saat beroperasi [2]

Dengan dibutuhkannya *steam* sebagai penggerak *turbine* maka diperlukan air yang melimpah untuk memproduksi *steam* dan sebagai pendingin pada kondensor. Untuk mendapatkan air dalam jumlah yang banyak dengan biaya yang *relative* murah yaitu menggunakan air laut sebagai sumber air utama. Karena air laut tidak dapat langsung digunakan untuk menghasilkan *steam*, maka diperlukan suatu *plant* untuk mengolah air laut tersebut untuk menjadi air tawar. Adapun *plant* yang digunakan yaitu desalinasi *plant*.

Desalinasi Plant beroperasi dengan menerapkan prinsip *multistage flash evaporation system* yang dilengkapi dengan sistem *anti scale* dan *anti foam chemical dosing*. Pada kondisi tekanan atmosfer, air akan mulai menguap pada suhu 100 °C. Namun, apabila tekanan diturunkan hingga kondisi vakum pada suhu jenuh (*saturated temperature*), air akan langsung mengalami penguapan secara tiba-tiba (*flash evaporation*). Jika tekanan terus diturunkan, proses penguapan akan berulang. Uap yang terbentuk bersifat murni, dan ketika mengalami kondensasi akan menghasilkan air tawar (*raw water*).

Untuk menjaga kinerja operasional desalinasi *plant* agar tetap optimal, dilakukan pemeliharaan rutin yang mencakup kegiatan *preventive*, *outage*, *corrective*, dan *predictive maintenance*. Pada saat pemeliharaan *preventive* maupun *outage*, desalinasi *plant* harus dihentikan sementara, seperti ketika dilakukan pembersihan (*cleaning*) *evaporator* dan peralatan *spray desal*. Saat ini, proses pemeliharaan dilakukan dengan menganalisis *parameter* data produksi, antara lain *distillate water flow*, desalinasi *brine temperature*, *LP Steam Temperature*, dan *condensate water flow*. Analisis tersebut masih dilakukan secara manual pada setiap *parameter*, dan hasilnya dijadikan dasar untuk menentukan waktu pembersihan (*cleaning*). Adapun jadwal rutin *cleaning* desalinasi *plant* ditetapkan setiap dua tahun sekali.

Seiring dengan kemajuan teknologi, penerapan *kecerdasan buatan*, khususnya *machine learning*, kini semakin banyak digunakan di berbagai sektor industri, termasuk dalam bidang pembangkitan listrik. Teknologi *machine learning* mampu mempelajari pola dari data-data operasional yang telah ada, kemudian memberikan prediksi terhadap kondisi sistem.

Dalam pengoperasian desalinasi *plant*, *machine learning* dapat berperan penting untuk menganalisis pola kerja sistem dan mendeteksi tanda-tanda penurunan kinerja, sehingga proses pemeliharaan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan tepat. Maka dari itu penelitian ini berfokus pada pemanfaatan metode *machine learning* untuk memprediksi waktu yang paling *optimal* dalam melakukan pemeliharaan pada desalinasi *plant* di PLTGU

Cilegon. Melalui penerapan sistem prediktif ini, diharapkan proses operasional dapat berjalan mengurangi waktu *downtime*, serta membantu memperpanjang umur peralatan tanpa mengurangi kualitas *raw water* yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang *model* prediksi pemeliharaan desalinasi *plant* tipe *multistage evaporator* berbasis algoritma *machine learning K-Nearest Neighbor* pada PLTGU Cilegon?
2. Bagaimana penerapan *model* prediksi berbasis algoritma *KNN* yang terintegrasi dalam sistem digitalisasi pembangkit dapat meningkatkan tingkat keandalan desalinasi *plant* di PLTGU Cilegon?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah :

1. Merancang *model* prediksi pemeliharaan desalinasi *plant* tipe *multistage evaporator* berbasis algoritma *machine learning K-Nearest Neighbor* untuk memperkirakan jadwal kegiatan pemeliharaan.
2. Menerapkan dan mengintegrasikan *model* prediksi yang dikembangkan ke dalam sistem digitalisasi pembangkit guna meningkatkan keandalan operasi desalinasi *plant* di PLTGU Cilegon.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai adalah :

1. Penentuan *Health Index* pada desalinasi *plant* di PLTGU Cilegon berbasis *machine learning* diharapkan mampu mencegah terjadinya kehilangan produksi air demin akibat kerusakan tak terduga di luar jadwal pemeliharaan terencana.
2. Memberikan kontribusi terhadap program perusahaan, khususnya pada aspek lingkungan, aspek efisiensi operasional dan digitalisasi pembangkit.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup masalah yang diambil yaitu :

1. Penelitian ini difokuskan pada PLTGU Cilegon, khususnya pada desalinasi *plant* dengan tipe *multistage evaporator*.
2. Pengembangan *model* dan metodologi dilakukan dengan menerapkan pendekatan *machine learning* menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbors (K-NN)*.