

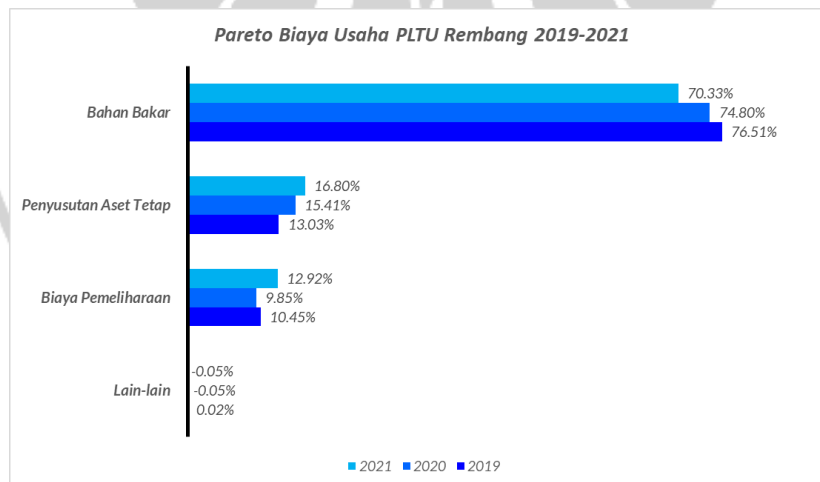
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang merupakan pembangkit yang sangat penting dalam subsistem kelistrikan Jawa Tengah. PLTU Rembang berkapasitas 2 x 315 MW. PLTU Rembang menjaga stabilitas tegangan dan memberikan sumber daya aktif di wilayah timur Jawa Tengah. Sebelum beroperasinya PLTU Rembang, kawasan pesisir utara Jawa Tengah yang terbentang dari Kudus sampai Cepu, merupakan kawasan lemah dalam sistem kelistrikan Jawa-Bali karena tidak adanya pembangkit listrik di wilayah ini dan adanya fluktuasi tegangan relatif besar antara periode waktu beban puncak dan periode waktu luar beban puncak. Pasokan listrik untuk wilayah ini sangat bergantung pada keandalan PLTU/PLTGU Tambak Lorok dan jalur transmisi di sepanjang jalur Pantura (Rochman, 2017).

PLTU Rembang menggunakan bahan bakar batuabara kalori menengah dan batubara kalori rendah. Pengeluaran untuk biaya bahan bakar cukup tinggi di PLTU Rembang. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Pareto Biaya Usaha PLTU Rembang 2019-2021

Sumber: (PT PLN (Persero), 2022)

Sesuai dengan data Laporan Keuangan PLTU Rembang 2019-2021 pada Gambar 1.1, pengeluaran biaya bahan bakar di tahun 2021 masih cukup besar, yaitu

sebesar 70,33%. Selama periode 2019-2021, rata-rata biaya bahan bakar adalah 73,88% dari total biaya (PT PLN (Persero), 2022). Biaya untuk bahan bakar atau energi primer sangat besar. Sedikit penghematan di dalam pengelolaan energi primer, akan berdampak cukup besar dalam menekan biaya operasional PLTU Rembang.

Perencanaan pengadaan energi primer sangat bergantung pada proyeksi jumlah penjualan tenaga listrik. Proyeksi penjualan tenaga listrik ditentukan oleh prediksi Capacity Factor (CF) pembangkit. CF adalah rasio energi aktual yang dihasilkan dibandingkan dengan total energi yang dihasilkan saat generator dioperasikan secara maksimal secara kontinyu (Grubert, 2020). Saat ini, perencanaan energi primer PLTU Rembang bersumber pada Rencana Operasi Tahunan (ROT) PLN P2B untuk perencanaan tahunan dan data CF bulan sebelumnya untuk perencanaan bulanan. ROT PLN P2B mencantumkan proyeksi CF tiap pembangkit.

Data operasional pada tahun 2016-2021 menunjukkan bahwa *gap capacity factor* (CF) antara Rencana Operasi Tahunan (ROT) PLN terhadap CF realisasi cukup besar yaitu pada tahun 2017 (-18.22%), tahun 2018 (-4.99%), tahun 2019 (-34.48%), tahun 2020 (+1.39%), tahun 2021 (+14.3%) (PT PLN Nusantara Power UP Rembang, 2023). Kondisi *gap* CF negatif berdampak semakin membutuhkan tambahan alokasi biaya bahan bakar yang di awal tahun belum dianggarkan, sedangkan kondisi *gap* CF positif berdampak penjualan tenaga listrik akan semakin menurun lebih kecil dari rencana awal penjualan. *Gap* CF yang besar cukup berdampak pada kinerja finansial perusahaan. *Gap* CF ini terjadi karena PLTU Rembang belum mempunyai prediksi CF yang akurat. Saat ini, PLTU Rembang hanya menggunakan rencana CF ROT dan CF Rencana Operasi Bulanan (ROB) dalam memprediksi CF.

Melihat permasalahan ini, maka perlu dikembangkan beberapa model prediksi CF dengan memanfaatkan *machine learning* yang mampu meminimalisir *gap* CF rencana dan CF realisasi sehingga dapat meningkatkan akurasi perencanaan energi primer. Model prediksi yang dikembangkan adalah *random forest regression*, *support vector regression*, *multiple polynomial regression*, dan *multiple*

linear regression. Keempat model ini dipilih karena termasuk dalam tujuh algoritma model regresi yang paling banyak digunakan (Polzer, 2021). Validasi model yang akan digunakan dilakukan dengan berpedoman pada nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *R-squared*. Selanjutnya dengan model terpilih tersebut dipergunakan untuk memprediksi CF PLTU Rembang di masa mendatang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan pada sub bab 1.1, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Apa saja parameter-parameter (*independent variable*) yang mempengaruhi *capacity factor* PLTU Rembang?
2. Bagaimana pemodelan yang terbaik untuk memprediksi *capacity factor* PLTU Rembang dalam penyediaan tenaga listrik di sistem Jawa-Bali?
3. Bagaimana *capacity factor* PLTU Rembang pada masa mendatang dalam penyediaan tenaga listrik di sistem Jawa-Bali?
4. Bagaimana proyeksi kebutuhan batubara PLTU Rembang di masa mendatang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis variabel-variabel independen yang mempengaruhi *capacity factor* PLTU Rembang dalam penyediaan listrik di sistem Jawa-Bali
2. Menganalisis dan mengevaluasi pemodelan terbaik dalam memprediksi *capacity factor* PLTU Rembang dalam penyediaan listrik di sistem Jawa-Bali
3. Menganalisis dan memprediksi *capacity factor* PLTU Rembang dalam penyediaan listrik di sistem Jawa-Bali pada masa mendatang.
4. Menganalisis dan memprediksi proyeksi alokasi kebutuhan bahan bakar PLTU Rembang untuk masa yang akan datang

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan dihasilkan dari penelitian dengan judul “Pemodelan Prediksi *Capacity Factor* PLTU Rembang Berbasis *Machine Learning* Untuk Meningkatkan Akurasi Perencanaan Energi Primer” adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai referensi/kajian literatur untuk melakukan penelitian lebih lanjut pada bidang *forecasting* berbasis *machine learning*.

2. Manfaat praktis

- a. Hasil penelitian ini bisa berguna untuk memproyeksi apakah PLTU Rembang masih kompetitif di dalam sistem Jawa Bali dalam beberapa tahun ke depan
- b. Hasil penelitian dapat digunakan untuk memperkirakan berapa proyeksi pendapatan PLTU Rembang dari penjualan tenaga listrik dan memperkirakan volume kebutuhan bahan bakar untuk beberapa tahun ke depan.

1.5 Originalitas Penelitian

Penelitian ini terdiri dari proses untuk menentukan variabel independen yang mempengaruhi CF dan pemodelan prediksi CF PLTU Rembang menggunakan perangkat lunak *python* dalam *platform jupyter anaconda*. Penelitian ini melakukan analisis variabel independen yang mempengaruhi CF dengan menggunakan metode backward elimination yang berbasis pada uji hipotesis yang berupa uji F dan uji t. Selanjutnya dengan variabel independen terpilih ini dilakukan pemodelan prediksi CF PLTU Rembang. Model yang dikembangkan sebanyak 4 (empat) model, yaitu *Random forest regression*, *Support vector regression*, *Multiple polynomial regression*, dan *Multiple linear regression*. Selanjutnya model prediksi yang dipilih adalah model yang memiliki MAPE terkecil dan *R-squared* terbesar. Ringkasan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Ringkasan Penelitian Sebelumnya

No	Penelitian	Alat/Metode	Variabel Pengamatan	Hasil/Gap Research
1	Modelling the power output from a steam power plant in Nigeria (Babatunde <i>et al.</i> , 2020)	K-Fold Cross Validation	Parameter outputnya adalah Net Power Output dengan parameter input adalah Laju bahan bakar, Air-Fuel Ratio, Laju aliran uap, temperature Superhater, Tekanan superheater	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parameter input (variabel independen) belum mencakup data eksternal 2. Peramalan output generator hanya bisa dilakukan dalam jangka pendek
2	Forecasting Produksi Energi PLTS 1 kWp Menggunakan Mesin Pembelajaran Dengan Algoritma Support Vector Machine (Gufron <i>et al.</i> , 2022)	<i>Support Vector Machine</i>	Memprediksi prediksi energi listrik PLTS untuk periode ke depan dengan mendasarkan data historis sebelumnya dengan membagi sekumpulan data deret waktu menjadi 4 bagian, yaitu 3 bagian merupakan <i>feature</i> dan 1 merupakan target.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Belum menggunakan model regresi lainnya, seperti <i>random forest</i>, dan <i>multiple polynomial</i> Belum memasukkan parameter eksternal yang mempengaruhi produksi listrik
3	Forecasting of Wind Turbine Output Power Using Machine learning (Rashid <i>et al.</i> , 2020)	<i>Random forest regression</i>	Membuat model prediksi output power dari turbin angin berdasarkan data historis. Variabel independen/fitur yang digunakan adalah arah angin, kecepatan angin, dan kondisi outdoor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan prediksi output power hanya terbatas untuk PLTB, belum dilakukan untuk pembangkit listrik interkoneksi 2. Belum memasukkan variabel internal yang mempengaruhi produksi listrik PLTB, seperti adanya gangguan

Tabel 1.1 (Lanjutan)

No	Penelitian	Alat/Metode	Variabel Pengamatan	Hasil/Gap Research
4	Prediction of full load electrical power output of a base load operated combined cycle power plant using machine learning methods (Tüfekci, 2014)	15 Metode regresi	Memprediksi output power dari PLTGU pada kondisi <i>base load</i> dengan menggunakan 4 variabel independen, yaitu temperatur ambien, tekanan atmosferik, kelembaban relatif, dan tekanan uap exhaust. Metode yang menghasilkan <i>error</i> terkecil adalah <i>Bagging REPTree</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prediksi hanya pada kondisi <i>base load</i>, sehingga variasi pembebanannya kecil 3. Belum mempertimbangkan variabel eksternal khususnya dari <i>grid</i> yang mempengaruhi produksi listrik PLTGU
5	Predictive Analytics of Electrical Power Output of Coal-Fired Power Plant Using Machine Learning (Purwanto <i>et al.</i> , 2021)	5 model regresi	Memprediksi output tiap setengah jam dari PLTU Batubara Paiton 1-2 dengan menggunakan variabel independen <i>main steam flow, total coal flow, primary air flow, secondary air flow, condenser vacuum pressure</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parameter input (variabel independen) belum mencakup data eksternal 2. Peramalan output generator hanya bisa dilakukan dalam jangka pendek