

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fly Ash dan *Bottom Ash* (FABA) merupakan residu padat sisa hasil pembakaran batubara pada PLTU. Residu ini terdiri atas partikel halus abu terbang (*Fly Ash*) yang terbawa gas buang, serta abu dasar (*Bottom Ash*) yang tertinggal di tungku pembakaran (Yunita et al., 2017). Dimana FABA biasanya dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif pada produk konstruksi seperti beton, batako, dan *paving block* (Fadhilah & Prasanti, 2023) dan masih banyak lagi, sehingga memberikan nilai tambah ekonomi *beyond kwh* bagi pihak perusahaan.

Setiap tahun, jumlah FABA yang dihasilkan PLN Indonesia sangat besar sehingga menimbulkan tantangan dalam pengelolaannya. Tingginya volume produksi FABA dapat berpotensi menimbulkan masalah lingkungan apabila tidak dikelola secara optimal (Adi T, 2025). Laporan resmi PLN menyebutkan bahwa selama semester I tahun 2024, sebanyak $\pm 1.450.840$ ton FABA berhasil dimanfaatkan dari 47 unit PLTU di seluruh Indonesia, dan sepanjang tahun 2024 totalnya mencapai $\pm 3,4$ juta ton FABA yang digunakan sebagai bahan pendukung infrastruktur masyarakat (Adi T, 2024). Situasi ini menekankan pentingnya model peramalan yang akurat dan dapat diandalkan untuk memprediksi produksi FABA di masa depan.

Untuk mendukung pengelolaan FABA dalam jumlah besar, PLN telah menggunakan aplikasi *Monitoring Application of Power Plant* (MAPP) sebagai sarana pencatatan dan pemantauan sistem kelistrikan maupun *beyond kwh* salah satunya adalah pemanfaatan FABA. Namun, berdasarkan hasil diskusi bersama Sub Divisi Digitalisasi Kelistrikan pada 11 Agustus 2025, MAPP masih perlu analisis lanjutan untuk mengantisipasi tren pemanfaatan di masa depan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem peramalan (*forecasting*) sebagai dasar pendukung bagi pengembangan fitur peramalan pada MAPP di tahap selanjutnya, agar data FABA yang tersedia dapat dimanfaatkan secara lebih optimal dalam mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan.

Dalam penelitian *forecasting*, ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) dan LSTM (*Long Short-Term Memory*) sama-sama terbukti memiliki tingkat akurasi yang baik. ARIMA efektif menangkap pola linier dan musiman pada data yang relatif stabil, terutama ketika jumlah data terbatas, sebagaimana ditunjukkan pada studi konsumsi energi di Ghana, yang

menunjukkan model ARIMA memiliki tingkat evaluasi kesalahan berdasarkan MAE sebesar 6.142% sedangkan LSTM memiliki tingkat evaluasi kesalahan berdasarkan MAE sebesar 6.352%, meskipun LSTM memiliki kemampuan yang lebih adaptif dalam menangkap pola *nonlinier* pada data deret waktu (Ofosu et al., 2021). Namun demikian, hasil penelitian Siami-Namini dan Siami-Namin (2018) menunjukkan bahwa LSTM secara keseluruhan lebih unggul dibandingkan ARIMA, di mana ARIMA menghasilkan nilai RMSE rata-rata sebesar 511,481 pada data finansial dan 5,999 pada data ekonomi, sedangkan LSTM mampu menurunkan nilai RMSE tersebut secara signifikan menjadi 64,213 dan 0,936, atau setara dengan penurunan tingkat kesalahan sekitar 84–87% (Siami Namin & Siami Namin, 2018).

Perbandingan antara ARIMA dan LSTM dapat dipertimbangkan bukan karena keduanya identik, tetapi justru karena perbedaan karakteristik dan asumsi dasarnya yang memungkinkan evaluasi performa secara komprehensif. Melalui perbandingan ini, dapat diketahui pendekatan mana yang lebih sesuai terhadap karakteristik data FABA yang sebenarnya, mengingat sejauh ini belum terdapat penelitian yang menguji secara langsung kinerja kedua metode tersebut pada konteks data produksi dan pemanfaatan FABA.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis komparatif antara metode ARIMA dan LSTM dalam meramalkan produksi pemanfaatan FABA di PLTU. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh model peramalan yang paling sesuai dengan karakteristik data, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan dan pemanfaatan FABA yang lebih optimal dan berkelanjutan khususnya pada aplikasi MAPP.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, dapat diperoleh rumusan permasalahan sebagai berikut :

- 1) Bagaimana cara membangun model ARIMA dan LSTM untuk menganalisis pola pemanfaatan FABA dari PLTU PLN berdasarkan data historis sehingga dapat menghasilkan peramalan yang akurat?
- 2) Bagaimana pengaruh pengimplementasian *Gaussian Smoothing* pada tahap *data preparation* terhadap hasil kinerja model ARIMA dan LSTM dalam memprediksi pemanfaatan data FABA?
- 3) Model peramalan mana yang lebih sesuai untuk diterapkan pada data pemanfaatan FABA di PLN dalam mendukung perencanaan pengelolaan FABA ke depan?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dapat dicapai melalui penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- 1) Membangun dan menerapkan model ARIMA dan LSTM dalam menganalisis pola pemanfaatan FABA dari PLTU PLN berdasarkan data historis guna menghasilkan peramalan yang akurat.
- 2) Mengetahui pengaruh penerapan *Gaussian Smoothing* pada tahap *data preparation* terhadap kinerja model ARIMA dan LSTM dalam memprediksi pemanfaatan data FABA.
- 3) Menentukan model peramalan yang paling sesuai untuk diterapkan pada pemanfaatan data FABA di PLN dalam mendukung perencanaan pengelolaan FABA di masa mendatang.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Memberikan kontribusi dalam pengembangan literatur *forecasting* khususnya dengan membandingkan metode ARIMA dan LSTM pada konteks limbah energi (FABA) yang masih jarang dikaji.
- 2) Memberikan kontribusi bagi PLN dalam merencanakan kapasitas pengelolaan dan pemanfaatan FABA secara lebih efisien.
- 3) Meningkatkan pemahaman mengenai karakteristik dan pola data FABA, sehingga hasil penelitian dapat menjadi dasar bagi pengembangan metode peramalan yang lebih akurat di masa depan.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

- 1) Penelitian ini fokus pada peramalan pemanfaatan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* berdasarkan data historis pada aplikasi MAPP Power periode Januari 2022 hingga September 2025.
- 2) Pemanfaatan FABA dalam penelitian ini dibatasi pada data pendapatan dalam satuan Rupiah yang diperoleh dari pemanfaatan *Fly Ash* dan *Bottom Ash*, tanpa membahas pemanfaatan oleh pihak mitra, jenis pemanfaatan, maupun volume fisik FABA.

- 3) Evaluasi model kinerja peramalan dilakukan menggunakan metrik kesalahan, yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Error* (MAE).
- 4) Tahap *deployment* dalam penelitian ini tidak membahas model implementasi secara langsung ke dalam sistem operasional PLN.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara sistematis, proposal skripsi ini diuraikan menjadi 3 bab yang disusun secara ringkas, padat, dan jelas. Adapun uraian dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menerangkan tentang usulan penelitian yang meliputi latar belakang masalah, menentukan rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup masalah yang menjadi batasan dalam penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan penelitian terdahulu yang relevan serta teori-teori yang menjadi dasar pendukung dalam penyusunan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang diambil dalam penelitian untuk menyelesaikan masalah dan mencapai tujuan yang ditetapkan. Pada bab ini juga dibahas mengenai lokasi dan waktu penelitian, desain penelitian, metode yang digunakan, teknik pengumpulan data, serta analisis data yang berkaitan dengan proses perhitungan algoritma yang diterapkan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil akhir dari seluruh tahapan penelitian, meliputi penerapan metode sampai hasil prediksi.

BAB V PENUTUP

Bab terakhir berisikan kesimpulan dari seluruh pembahasan, mulai dari perancangan awal hingga hasil analisis yang telah didapatkan dari penelitian.