

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan esensial dalam kehidupan sehari-hari, terutama di sektor rumah tangga. Kebutuhan listrik sangatlah diperlukan untuk menyalakan barang elektronik dan membantu pekerjaan rumah tangga (Rohmah dkk., 2022). Hampir seluruh aktivitas domestik, seperti pencahayaan, dan penggunaan peralatan elektronik, bergantung pada ketersediaan listrik. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan peningkatan standar hidup, konsumsi listrik rumah tangga di Indonesia menunjukkan tren peningkatan yang signifikan.

PT PLN (Persero) melaporkan bahwa jumlah pelanggan listrik pada tahun 2024 mencapai 92,87 juta, dengan 91,15% diantaranya merupakan pelanggan rumah tangga (Statistik PLN, 2024). Data dari PLN juga menunjukkan bahwa konsumsi listrik terbesar berasal dari kelompok pelanggan rumah tangga, dengan jumlah mencapai 130.433,10 GWh pada tahun 2024, yang merupakan sekitar 42,59% dari total konsumsi listrik nasional, dan terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan peningkatan jumlah pelanggan rumah tangga (Statistik PLN, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa sektor rumah tangga merupakan kontributor utama dalam konsumsi listrik nasional. Di era modern ini, hampir semua peralatan yang ada di rumah tangga membutuhkan energi listrik (Cahyo dkk., 2024). Faktor-faktor seperti perkembangan teknologi, perubahan gaya hidup, dan peningkatan penggunaan perangkat elektronik berkontribusi pada tren kenaikan konsumsi listrik rumah tangga. Studi oleh Al Hakim, (2022) menemukan bahwa baik aktivitas perilaku harian maupun perubahan pola kerja seperti *work from home* (WFH) berkontribusi terhadap kenaikan tagihan listrik rumah tangga. Pola kerja WFH ini tentunya juga sangat bergantung dengan penggunaan listrik, yang dimana jika tidak ada listrik, maka tidak bisa melakukan WFH dikarenakan perangkat perangkat seperti komputer, laptop ataupun handphone memerlukan listrik untuk bisa berfungsi.

Dalam sistem penyediaan listrik di Indonesia, terdapat dua metode utama pembayaran, yaitu Prabayar dan Pascabayar. Pada sistem pascabayar, pelanggan menggunakan listrik terlebih dahulu dan membayar tagihan di akhir periode,

sedangkan pada sistem Prabayar, pelanggan harus membeli token atau pulsa listrik sebelum dapat menggunakannya. Sistem Prabayar ini memungkinkan pelanggan untuk mengontrol konsumsi listrik mereka dengan lebih ketat, namun memiliki kelemahan yaitu risiko listrik padam mendadak ketika token habis. Salah satu penyebab pengguna mengalami kehabisan listrik secara tiba-tiba adalah kurangnya informasi mengenai pola konsumsi listrik pribadi. Ketidakmampuan dalam memprediksi kapan token akan habis menyebabkan pengguna tidak dapat merencanakan pembelian token secara tepat waktu, sehingga berisiko mengalami listrik padam mendadak yang dapat mengganggu aktivitas sehari-hari dan berpotensi merusak peralatan elektronik.

Untuk mengatasi masalah ini, salah satu solusinya adalah dengan membuat sistem *monitoring* konsumsi listrik rumah tangga yang dimana memiliki peran krusial dalam mewujudkan pengelolaan energi yang efisien dan berkelanjutan. Dengan memantau penggunaan listrik secara detail, pengguna dapat mengidentifikasi pola konsumsi, mendeteksi potensi pemborosan, dan mengambil langkah-langkah untuk mengoptimalkan penggunaan energi. Selain itu, Sistem ini tidak hanya menampilkan informasi penggunaan listrik secara *real-time*, tetapi juga memprediksi konsumsi ke depan untuk mengestimasi kapan token listrik akan habis. Dengan demikian, pengguna dapat merencanakan pembelian token secara lebih tepat waktu, menghindari risiko listrik padam mendadak, serta mengelola kebutuhan energi rumah tangga dengan lebih bijak. Agar sistem tersebut dapat berjalan secara otomatis dan terintegrasi, diperlukan dukungan teknologi Internet of Things (IoT) sebagai penghubung antara perangkat pengukur dan sistem prediksi.

Perkembangan teknologi saat ini membawa perubahan besar dalam berbagai bidang, salah satunya adalah melalui pemanfaatan *Internet of Things* (IoT). IoT pada dasarnya adalah jaringan perangkat yang saling terhubung, memungkinkan pertukaran dan komunikasi data untuk mengontrol berbagai aspek kehidupan. Dalam konteks energi, IoT menawarkan solusi inovatif untuk *monitoring* dan pengelolaan konsumsi listrik di rumah tangga. Salah satu aplikasi kunci IoT dalam bidang ini adalah pengembangan *smart meter*, yang memungkinkan pengukuran

dan pelaporan penggunaan listrik secara *real-time*. *Smart meter* berbasis IoT tidak hanya menyediakan data konsumsi listrik yang akurat, tetapi juga memungkinkan pengguna untuk memantau penggunaan energi dari jarak jauh melalui perangkat seperti *smartphone*. Hal ini memberikan keunggulan berupa visibilitas yang lebih baik terhadap pola konsumsi, identifikasi potensi penghematan energi, dan prediksi biaya listrik yang lebih akurat. Dengan demikian, teknologi IoT berperan penting dalam mendorong efisiensi energi, mengurangi pemborosan, dan memberdayakan konsumen untuk mengelola penggunaan listrik mereka dengan lebih cerdas.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aziz dan Hidayat, (2023) mengembangkan sistem bernama *Smart Watt Meter*, yang tidak hanya mampu memantau penggunaan energi listrik rumah secara *real-time* melalui aplikasi Android, tetapi juga memberikan prediksi biaya listrik bulanan. Sistem ini dirancang menggunakan Wemos D1 R1, sensor PZEM-004T V3, serta Firebase sebagai penyimpanan data, dan telah berhasil mengukur parameter seperti tegangan, arus, daya, dan biaya secara akurat. Namun, pendekatan prediksi biaya yang digunakan dalam penelitian tersebut masih bersifat sederhana dan belum memanfaatkan algoritma *time-series* berbasis *deep learning* seperti *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang lebih mampu menangkap pola data historis secara kompleks (Aziz & Hidayat, 2023).

Sementara itu, menurut Cahyo dkk., (2024), pola konsumsi listrik dalam interval waktu tertentu dapat dimanfaatkan untuk memprediksi beban listrik di waktu mendatang. Prediksi yang akurat sangat penting untuk menghindari pemborosan energi dan kerugian biaya pada pengguna rumah tangga. Salah satu metode prediksi *time-series* berbasis *deep learning* adalah LSTM.

Keunggulan metode *deep learning* LSTM dibanding ARIMA dibuktikan dalam penelitian oleh Purnomo dkk., (2021) yang meramalkan beban listrik jangka pendek di Kota Batu. Dalam simulasi dengan berbagai proporsi data latih dan uji, LSTM menghasilkan nilai *error* yang lebih rendah. Misalnya, pada proporsi data latih 90% dan uji 10%, LSTM mencatat nilai RMSE sebesar 0,03 dan MAPE sebesar 1,62%, jauh lebih baik dibanding ARIMA yang menghasilkan RMSE 0,07

dan MAPE 3,25%. Penelitian ini menegaskan bahwa LSTM memiliki akurasi prediksi yang lebih tinggi dalam konteks konsumsi listrik jangka pendek.

Studi oleh Selle dkk., (2022) menunjukkan bahwa LSTM memberikan kinerja prediksi yang lebih baik dibandingkan *Recurrent Neural Network* (RNN), terutama ketika digunakan pada data dengan urutan waktu yang panjang. LSTM terbukti menghasilkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang lebih rendah, baik untuk data konsumsi siang maupun malam hari. Hal serupa juga ditemukan dalam penelitian Wardana dkk., (2024), yang membandingkan beberapa metode *deep learning* untuk prediksi konsumsi daya listrik jangka pendek. Hasilnya, LSTM dan model-model turunannya seperti CNN-LSTM dan BDLSTM mampu memberikan performa akurasi yang lebih baik dalam hal *error metrics* seperti MSE, MAE, dan MAPE dibandingkan metode lain, menunjukkan efektivitas LSTM dalam menangani prediksi data konsumsi listrik yang dinamis dan kompleks.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsumsi listrik rumah tangga yang terus meningkat membutuhkan strategi pengelolaan energi yang lebih cerdas dan efisien. Sistem monitoring saja belum cukup jika tidak disertai dengan kemampuan prediksi yang akurat untuk mengantisipasi kebutuhan listrik di masa mendatang, khususnya bagi pelanggan prabayar. Sistem yang dibangun dalam penelitian ini mengukur parameter kelistrikan meliputi tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi (kWh), serta dirancang untuk memantau beban perangkat listrik rumah tangga seperti lampu, kipas angin, televisi, kulkas, dan perangkat elektronik lainnya. Teknologi IoT dipilih karena memungkinkan pengambilan data konsumsi listrik secara otomatis dan real-time tanpa intervensi manual, sehingga data yang terkumpul lebih konsisten dan akurat untuk dijadikan dasar prediksi. Metode Long Short-Term Memory (LSTM) dipilih karena memiliki kemampuan unggul dalam memproses data time-series yang sekuensial dan non-linear sesuai karakteristik pola konsumsi listrik rumah tangga yang bervariasi setiap harinya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem prediksi konsumsi listrik rumah tangga berbasis IoT yang terintegrasi dengan model LSTM dan aplikasi Android sebagai solusi yang adaptif, efisien, dan tepat guna.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem prediksi konsumsi listrik rumah tangga berbasis IoT menggunakan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM)?
- 2) Bagaimana cara mengintegrasikan hasil prediksi konsumsi listrik ke dalam aplikasi Android sebagai antarmuka pengguna?
- 3) Seberapa akurat hasil prediksi konsumsi listrik yang dihasilkan oleh model LSTM dibandingkan dengan data aktual?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Merancang dan membangun sistem prediksi konsumsi listrik rumah tangga berbasis IoT untuk mengukur dan mengirim data penggunaan listrik, serta mengimplementasikan metode LSTM untuk melakukan prediksi berdasarkan data time-series tersebut.
- 2) Mengembangkan aplikasi Android yang dapat menampilkan informasi konsumsi listrik secara *real-time* dan prediksi konsumsi di masa mendatang.
- 3) Menganalisis tingkat akurasi model prediksi LSTM terhadap data aktual penggunaan listrik rumah tangga.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan ruang lingkup penelitian, maka batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Data yang digunakan hanya berupa data konsumsi listrik rumah tangga dalam satuan kWh per jam.
- 2) Penelitian dilakukan pada satu rumah tangga yang berlokasi di kabupaten Banyuwangi dengan kelompok daya 900 VA.
- 3) Metode prediksi yang digunakan terbatas pada algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM).

- 4) Aplikasi Android hanya menampilkan data hasil *monitoring* dan prediksi, tanpa fitur kontrol perangkat.
- 5) Tidak membahas sistem keamanan jaringan IoT, komunikasi data dan keamanan listrik secara mendalam.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Menambah wawasan dan referensi dalam pengembangan sistem prediksi berbasis data *time-series* dengan metode LSTM.
- 2) Memberikan kontribusi dalam penerapan teknologi IoT untuk pengelolaan konsumsi listrik rumah tangga.
- 3) Membantu pengguna rumah tangga dalam memantau dan mengelola konsumsi listrik secara lebih efisien melalui aplikasi Android.
- 4) Menjadi alternatif solusi dalam mengurangi risiko kehabisan token listrik secara tiba-tiba.
- 5) Memberikan gambaran teknis integrasi antara sistem IoT, model AI (LSTM), dan aplikasi Android dalam satu kesatuan sistem prediktif.