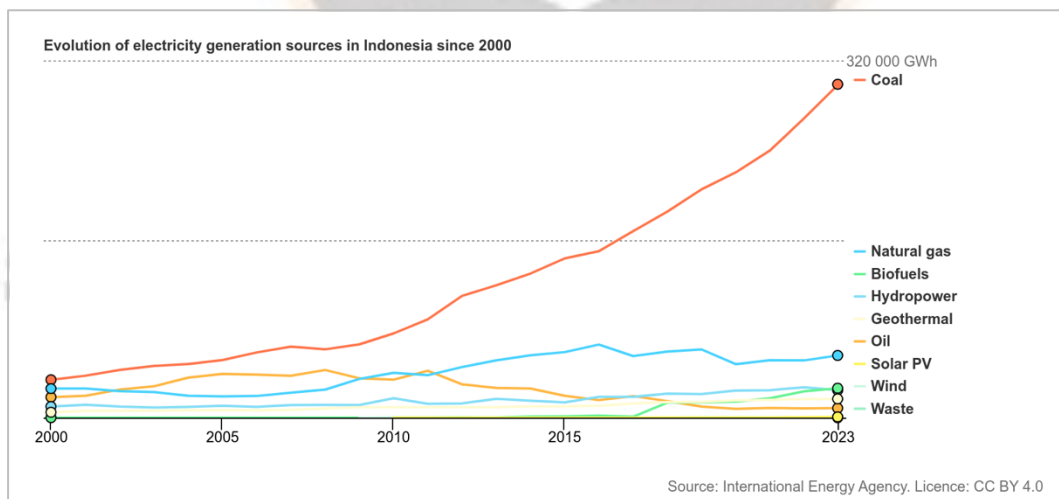


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Penyediaan energi yang cukup dan memadai menjadi permasalahan global, mengingat semakin meningkatnya permintaan energi dan semakin menipisnya bahan baku untuk pembangkitan energi. Pada tahun 2023, suplai energi listrik di Indonesia sudah mencapai angka 433.460 GWh. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (batubara dan petroleum) masih mendominasi sistem kelistrikan nasional yang mencapai lebih dari 60%. Sementara kontribusi energi alternatif (bio fuel dan natural gas) relatif masih rendah mencapai 25% dan energi terbarukan termasuk energi surya photovoltaic (PV) hanya 15% (IEA, 2022) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan sistem energi alternatif yang tidak hanya efisien secara teknis, tetapi juga dikelola secara baik melalui sistem informasi yang terintegrasi.



Gambar 1.1 Perbandingan suplai energi di Indonesia tahun 2023.

sumber: <https://www.iea.org>

Seiring dengan peningkatan pemanfaatan sumber energi terbarukan, khususnya pada skala mikro atau Smart Microgrid, tantangan yang dihadapi tidak hanya pada sisi pembangkitan energi, tetapi juga pada pengelolaan data operasional

sistem energi secara terintegrasi. Sistem PV menghasilkan data dalam jumlah besar yang bersifat kontinu, heterogen, dan real-time, yang berasal dari panel surya, sensor cuaca, sistem penyimpanan energi, serta jaringan distribusi listrik. Sehingga perlu adanya sistem informasi yang terstruktur untuk mendukung proses pemantauan kinerja PV dan pengambilan keputusan pengoperasian grid secara optimal.

Sistem informasi pada monitoring kinerja solar PV tidak hanya berfungsi sebagai alat pengumpulan data, tetapi juga mampu mengolah data menjadi informasi, menyajikan kondisi operasional sistem secara real-time, serta menyediakan kemampuan analitik dan prediktif sebagai dasar pengambilan keputusan pada smart microgrid. Sistem monitoring sebelumnya umumnya masih berfokus pada visualisasi data historis, sehingga belum mampu menyediakan informasi analitik dan prediktif yang dibutuhkan untuk pengambilan keputusan strategis, seperti pengelolaan beban, penyimpanan energi, dan perencanaan suplai listrik. Produksi energi pada sistem solar PV yang memiliki sifat intermittent akibat faktor lingkungan seperti intensitas radiasi matahari, suhu, dan kondisi cuaca menyebabkan perlunya kemampuan peramalan produksi energi yang menghasilkan informasi prediktif untuk mendukung keputusan operasional smart microgrid.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya algoritma Multi-LSTM, membuka peluang untuk mengintegrasikan kemampuan analitik prediktif ke dalam sistem informasi monitoring PV. Pemanfaatan teknologi IoT dan kecerdasan buatan pada sistem informasi monitoring kinerja solar PV memiliki peran penting untuk menjaga kinerja dan efisiensi pada sistem PV (Mukai *et al.*, 2014; Madeti and Singh, 2017; Rahman *et al.*, 2018; Deshmukh and Singh, 2020). Teknologi IoT memungkinkan pengumpulan data dari perangkat-perangkat terdistribusi secara real-time (Bhau *et al.*, 2021) dan mempercepat pemrosesan informasi serta peningkatan performansi pada sistem informasi monitoring (Nižetić *et al.*, 2020; Alavikia and Shabro, 2022). Integrasi teknologi IoT dan kecerdasan buatan dalam sistem informasi memungkinkan pengembangan modul analitik yang mampu mengekstraksi pola dari data historis dan menghasilkan informasi prediktif yang mendukung pengambilan keputusan (Cervone *et al.*, 2017; S. Aslam *et al.*, 2021).

Berdasarkan latarbelakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi yang berfungsi untuk mengelola data, menghasilkan informasi kinerja, dan menyediakan dukungan keputusan pada Smart Microgrid. Fokus penelitian diarahkan pada perancangan dan pengembangan sistem informasi monitoring kinerja solar PV berbasis IoT yang terintegrasi dengan model analitik Multi-LSTM, guna meningkatkan kualitas informasi, efisiensi pemantauan, dan akurasi peramalan produksi energi.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana mengintegrasikan model kecerdasan buatan berbasis multi-LSTM ke dalam rekaman hasil luaran sistem monitoring kinerja solar PV untuk memberikan informasi peramalan produksi energi yang akurat pada smart microgrid?
2. Bagaimana mengevaluasi rekaman hasil luaran sistem monitoring solar PV pada smart microgrid berdasarkan akurasi peramalan, keandalan informasi, dan dukungannya terhadap pengambilan keputusan manajemen energi?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Mengintegrasikan model kecerdasan buatan berbasis Multi-LSTM sebagai komponen analitik dari rekaman hasil luaran monitoring kinerja solar PV untuk menghasilkan informasi peramalan produksi energi.
2. Menganalisis dan mengevaluasi kinerja hasil luaran sistem monitoring solar PV pada smart microgrid dalam mendukung pengambilan keputusan manajemen energi.

1.4 KONTRIBUSI PENELITIAN

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bidang Sistem Informasi, khususnya pada pengembangan sistem monitoring kinerja solar energy PV pada smart microgrid, yang berfokus pada perancangan sistem informasi yang mampu

mengelola data operasional menjadi informasi yang bernilai bagi pengambilan keputusan manajemen energi. Sistem monitoring solar PV yang diusulkan dirancang sebagai platform sistem informasi berbasis IoT yang berfungsi untuk mengumpulkan, mengolah, menyimpan, dan menyajikan data operasional solar PV dan kecerdasan buatan berbasis Multi-LSTM sebagai komponen analitik dalam sistem informasi untuk menghasilkan informasi peramalan daya keluaran solar PV. Model Multi-LSTM digunakan untuk memproses data historis yang dikumpulkan melalui jaringan IoT, sehingga sistem informasi mampu menghasilkan prediksi produksi energi yang lebih akurat dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi sistem informasi monitoring ke dalam manajemen Smart Microgrid, di mana platform IoT dan kecerdasan buatan digabungkan dalam satu arsitektur sistem informasi yang mendukung proses monitoring, analisis, dan pengambilan keputusan energi. Tidak seperti pendekatan sebelumnya yang cenderung berfokus pada algoritma peramalan secara terpisah, penelitian ini menekankan pada perancangan sistem informasi end-to-end yang menghubungkan data, informasi, dan keputusan operasional.

Kontribusi penelitian meliputi:

1. Pengembangan sistem monitoring kinerja surya PV pada smart microgrid berbasis IoT, yang mampu mengintegrasikan data operasional dan menyajikannya sebagai informasi kinerja.
2. Perancangan dan integrasi model kecerdasan buatan berbasis Multi-LSTM sebagai komponen analitik dalam sistem informasi, untuk mengelola kompleksitas data historis produksi solar PV.
3. Penyediaan kerangka evaluasi luaran dari hasil sistem monitoring solar PV, melalui studi komparasi beberapa pendekatan peramalan (CNN, CNN-LSTM, dan Stacked LSTM) untuk menilai efektivitas model analitik dalam mendukung fungsi sistem monitoring pada smart microgrid.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini memberikan manfaat dalam pengembangan dan penerapan sistem informasi pada domain energi terbarukan, khususnya dalam monitoring kinerja solar energy PV pada smart microgrid.

Manfaat penelitian ini meliputi aspek operasional, manajerial, dan strategis sebagai berikut:

1. Menyediakan sistem informasi untuk monitoring kinerja solar PV pada smart microgrid, yang mampu mengelola data operasional menjadi informasi kinerja guna mendukung pengambilan keputusan manajemen energi pada skala mikro, seperti rumah tangga dan gedung.
2. Meningkatkan kualitas informasi dalam pengelolaan energi terbarukan, di mana sistem informasi yang dikembangkan membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi berbasis bahan bakar fosil melalui penyediaan informasi monitoring dan peramalan yang akurat, sehingga berkontribusi terhadap efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon.
3. Mendukung implementasi sistem manajemen energi berbasis data pada smart microgrid, dengan menyediakan layanan monitoring dan peramalan produksi energi solar PV sebagai bagian dari sistem informasi manajemen energi terintegrasi.
4. Menyediakan dasar informasi dan rekomendasi bagi pengguna dan pengambil keputusan dalam penerapan dan pengelolaan solar PV pada smart microgrid, melalui visualisasi kinerja dan informasi prediktif yang mudah dipahami dan digunakan.

1.6 POSISI KEILMUAN DALAM BIDANG SISTEM INFORMASI

Penelitian ini secara keilmuan ditempatkan dalam bidang sistem informasi, dengan fokus pada pengembangan sistem monitoring dan analitik berbasis kecerdasan buatan untuk mendukung pengambilan keputusan pada smart microgrid surya PV. Penelitian tidak berfokus pada perancangan perangkat keras ketenagalistrikan atau optimasi komponen listrik secara fisik, melainkan pada pengelolaan data, pemrosesan informasi, serta penyediaan layanan informasi berbasis teknologi

informasi. Dalam bidang sistem informasi, perangkat keras seperti sensor, modul IoT, dan sistem PV diposisikan sebagai sumber data yang berfungsi menghasilkan data operasional dan lingkungan secara real-time. Data tersebut selanjutnya dikelola melalui arsitektur sistem informasi yang mencakup proses akuisisi data, transmisi data, penyimpanan data, analitik data, visualisasi, serta penyajian informasi kepada pengguna melalui aplikasi berbasis web.

Penelitian dalam bidang sistem informasi terletak pada pengembangan framework sistem monitoring berbasis IoT yang mengintegrasikan data historis untuk menghasilkan informasi kinerja sistem PV. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan yang mendukung proses perencanaan, pengendalian, dan evaluasi kinerja sistem energi pada skala microgrid. Selain itu, penelitian ini mengusulkan penerapan model analitik cerdas berupa model peramalan berbasis Multi-LSTM sebagai bagian dari lapisan data analytics dalam arsitektur sistem informasi. Model ini diposisikan bukan sebagai kontribusi algoritmik murni, melainkan sebagai mesin analitik yang bertujuan meningkatkan kualitas informasi, keandalan prediksi, serta ketepatan waktu informasi yang disajikan kepada pengguna sistem.

SEKOLAH PASCASARJANA