

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan energi listrik merupakan pilar utama dalam pembangunan ekonomi dan aktivitas sosial modern. Namun, manajemen distribusi energi menghadapi tantangan besar akibat dinamika beban listrik yang sangat fluktuatif dan sulit diprediksi secara linear. Perubahan pola konsumsi yang dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti cuaca, waktu, dan aktivitas industri menyebabkan beban listrik bersifat stokastik (Raza & Khosravi, 2015). Ketidakmampuan dalam mengklasifikasikan lonjakan beban secara akurat dapat berakibat fatal, mulai dari inefisiensi biaya operasional hingga kegagalan sistem pada jaringan distribusi cerdas (smart grid) (Abadi et al., 2014).

Dalam menghadapi ketidakpastian data tersebut, pendekatan berbasis Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) menjadi solusi yang paling relevan. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dalam mengenali karakteristik beban listrik yang kompleks (Hayati & Sunatrowati, 2018). Salah satu algoritma JST yang memiliki efisiensi tinggi dalam pengenalan pola vektor adalah Learning Vector Quantization (LVQ). LVQ bekerja dengan metode pembelajaran kompetitif untuk memetakan input data ke dalam kelompok-kelompok prototipe kelas tertentu (Kohonen, 1990). Penelitian terdahulu membuktikan bahwa LVQ sangat efektif dalam melakukan klasifikasi tipe konsumen listrik berdasarkan profil beban harian dengan tingkat stabilitas yang baik (Widianto et al., 2017; Vujatovic et al., 2018).

Penelitian terdahulu membuktikan bahwa LVQ sangat efektif dalam melakukan klasifikasi tipe konsumen listrik berdasarkan profil beban harian dengan tingkat stabilitas yang baik (Widianto et al., 2017; Vujatovic et al., 2018). Secara spesifik, studi yang dilakukan oleh Sari dan Nugroho (2021) pada Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Indonesia memperkuat hal ini, dimana penerapan LVQ untuk prediksi beban listrik jangka pendek mampu mencapai akurasi hingga 91% dalam mengenali pola fluktuatif. Meskipun demikian penggunaan LVQ sebagai metode tunggal seringkali kali

terbatas pada pengelompokan pola semata, tanpa memiliki mekanisme eksekusi keputusan yang tegas terhadap hasil klasifikasi tersebut.

Namun, klasifikasi saja tidak cukup untuk memberikan tindakan mitigasi dalam sistem kelistrikan yang serba cepat. Hasil klasifikasi beban perlu diteruskan menjadi sebuah respon keputusan yang konkret dan otomatis. Di sinilah arsitektur Perceptron berperan sebagai unit pengambil keputusan. Perceptron mampu mengolah hasil pemetaan dari LVQ untuk menghasilkan output keputusan biner atau linear yang tegas (Rosenblatt, 1958; Nugroho et al., 2016). Integrasi antara LVQ yang unggul dalam pengelompokan pola dan Perceptron yang efektif dalam pengambilan keputusan menciptakan sebuah model hibrida yang saling melengkapi (Sujawoto, 2019).

Perceptron mampu mengolah hasil pemetaan dari LVQ untuk menghasilkan output keputusan biner atau linear yang tegas (Rosenblatt, 1958; Nugroho et al., 2016). Keandalan algoritma ini didukung oleh temuan Siswipraptini et al. (2022), yang menunjukkan bahwa Perceptron sangat efektif mendeteksi anomali gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik. Lebih lanjut, Abdurrasyid et al. (2021) membuktikan bahwa dalam sistem berbasis sensor fisik yang mirip dengan karakteristik beban listrik, Perceptron mampu mencapai akurasi 98,06% dalam mengklasifikasikan kondisi parameter lingkungan. Hal ini mengindikasikan bahwa Perceptron memiliki karakteristik yang tepat untuk berperan sebagai "eksekutor" keputusan dalam arsitektur jaringan syaraf.

Meskipun beberapa penelitian telah menerapkan LVQ secara mandiri, masih terdapat celah penelitian (research gap) dalam hal integrasi langsung model tersebut dengan unit respon keputusan yang adaptif terhadap dinamika beban listrik yang sangat cepat (Wira et al., 2020; Yuliana et al., 2020). Oleh karena itu, Integrasi antara LVQ yang unggul dalam pengelompokan pola dan Perceptron yang efektif dalam pengambilan keputusan menciptakan sebuah model hibrida yang saling melengkapi (Sujawoto, 2019). Urgensi penggabungan ini sejalan dengan penelitian Moayedi et al. (2021), yang menyimpulkan bahwa metode komputasi tunggal seringkali menyisakan celah error yang cukup besar pada data kompleks. Dalam studinya, pendekatan integrasi model terbukti mampu menurunkan tingkat kesalahan prediksi secara signifikan

hingga 1%. Dengan hal tersebut, Akarslan (2022) juga menekankan bahwa hibrida metode seperti LVQ dengan teknik pendukung lain sangat diperlukan untuk meningkatkan akurasi prediksi dibandingkan jika hanya mengandalkan satu algoritma saja. Meskipun beberapa penelitian telah menerapkan LVQ secara mandiri.

penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah model klasifikasi yang terintegrasi dengan mekanisme respon keputusan guna meningkatkan akurasi dan kecepatan aksi terhadap fluktuasi beban. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “PENGEMBANGAN MODEL INTEGRASI LVQ DAN PERCEPTRON PADA DINAMIKA *DISCHARGING* BEBAN LISTRIK HIBRIDA”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, masalah yang dapat diidentifikasi:

- 1) Dinamika beban listrik yang sangat fluktuatif menyebabkan metode klasifikasi konvensional seringkali gagal memberikan hasil yang presisi.
- 2) Belum optimalnya penggunaan model klasifikasi yang terintegrasi antara model langsung dengan mekanisme pengambilan keputusan otomatis
- 3) Kebutuhan akan model LVQ-Perceptron yang mampu mengenali pola protipe beban secara cepat tanpa beban komputasi yang berat.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan yang telah di rumuskan sebelumnya, yaitu:

- 1) Model yang digunakan terbatas pada integrasi arsitektur LVQ dan Perceptron
- 2) Data yang digunakan adalah data beban listrik per jam
- 3) Parameter performa yang di ukur terbatas pada akurasi, presisi, dan kecepatan respon model
- 4) Perangkat lunak pengembangan menggunakan bahasa pemrograman Python

1.4 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana rancang bangun arsitektur integrasi model LVQ dan Perceptron yang optimal untuk mengenali pola dinamika beban listrik?
- 2) Seberapa besar peningkatan kinerja akurasi dan presisi model integrasi LVQ-Perceptron dibandingkan dengan model tunggal (LVQ konvensional)?
- 3) Bagaimana model tersebut memberikan respon keputusan yang tepat berdasarkan hasil klasifikasi beban secara otomatis ?

1.5 Tujuan Penelitian

- 1) Membangun arsitektur integrasi model LVQ dan Perceptron yang mampu mentransformasi hasil klasifikasi pola beban listrik menjadi unit respon keputusan yang otomatis dan akurat.
- 2) Membuktikan efektivitas penggabungan bobot hasil pelatihan LVQ sebagai input pada jaringan Perceptron dalam meminimalisir ambiguitas data pada area perbatasan kelas
- 3) Mengevaluasi kemampuan model dalam memberikan respon keputusan biner

1.6 Manfaat Penelitian

- 1) Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan model integrasi atau hibrida antara algoritma *Learning Vector Quantization* (LVQ) dan Perceptron.
- 2) Membuktikan efektivitas penggabungan bobot hasil pelatihan LVQ sebagai input pada jaringan perceptron dalam meningkatkan akurasi klasifikasi.
- 3) Berkontribusi pada pengembangan teori mengenai mekanisme respon keputusan otomatis yang adaptif terhadap dinamika perubahan data fisik secara real-time.

1.6 Kebaharuan Penelitian

Sesuai dengan batasan dan rumusan masalah yang telah diuraikan, letak kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini mencakup dua aspek utama, yaitu:

1. Penggunaan Metode Baru: Penelitian ini menawarkan arsitektur algoritma hibrida yang mengintegrasikan *Learning Vector Quantization* (LVQ) dan Perceptron. LVQ difokuskan sebagai ekstraktor fitur untuk memetakan pola operasional (Siang/Solar, Malam/Grid, dan Darurat), sedangkan Perceptron digunakan sebagai pengambil keputusan akhir (*decision maker*). Pemisahan tugas komputasi ini menghasilkan respons kendali biner yang lebih cepat dan akurat dibandingkan arsitektur jaringan tunggal.
2. Pendekatan Baru: Jika sistem manajemen energi terdahulu hanya memutuskan arus baterai berdasarkan ambang batas (*threshold*) kapasitas sisa atau *State of Charge* (SoC) yang statis, penelitian ini menggunakan pendekatan adaptif. Sistem secara cerdas mengendalikan proses *discharging* baterai dengan mempertimbangkan dinamika *Solar Irradiance* dan fluktuasi *Total Load Power* secara bersamaan, sehingga risiko kerusakan baterai akibat deep discharge di lingkungan Smart Greenhouse dapat dicegah.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini disusun untuk mempermudah pemahaman terhadap isi laporan penelitian, Adapun sistematika penulisannya sebagai berikut:

1) Bab I – Pendahuluan

Berisi penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah serta sistematika penulisan skripsi.

2) Bab II – Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori dasar terkait dengan jaringan syaraf tiruan, algoritma LVQ, algoritma Perceptron, penelitian terkait, kerangka berpikir

3) Bab III – Metode Penelitian

Menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi tahapan penelitian, data penelitian, rancangan model, pelatihan, pengujian, dan analisis hasil.

4) Bab IV – Implementasi dan Hasil Penelitian

Menyajikan hasil implementasi model integrasi LVQ-Perceptron, evaluasi kerja, serta pembahasan mengenai hasil klasifikasi dan respon keputusan.

5) Bab V – Kesimpulan dan Saran

Berisi penjelasan mengapa model tersebut berhasil merespon dinamika beban listrik dan bagaimana pengaruh parameter (seperti learning rate) terhadap hasil keputusan.