

OPTIMISASI JARINGAN ENERGI BERBASIS PROYEKSI BEBAN JANGKA PANJANG DENGAN MEMPERTIMBANGKAN BIAYA, EMISI, DAMPAK SOSIAL, DAN KETAHANAN ENERGI

Nama Mahasiswa : Muhammad Anugrah Salfian
NIM : 12221109
Dosen Pembimbing Utama : Alvin Muhammad 'Ainul Yaqin, S.T.,
M.T., M.B.A.
Dosen Pembimbing Pendamping 1 : Ir. Amanda Dwi Wantira, S.Tr.Log., M.T.
Dosen Pembimbing Pendamping 2 : Ir. Remba Yanuar Efranto, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Pertumbuhan konsumsi listrik di Indonesia yang tidak merata antarwilayah menuntut perencanaan sistem jaringan energi yang akurat dan mempertimbangkan berbagai dimensi keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model prediktif beban listrik berbasis *Grey Forecasting* dan *Regularized Regression*, serta mengoptimalkan jaringan energi dengan mempertimbangkan biaya, emisi, dampak sosial, dan ketahanan energi pada lima wilayah Indonesia, yaitu Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Jawa Bali, dan Nusa Tenggara. Tahap peramalan menggunakan *Grey Relational Analysis* untuk seleksi variabel, dilanjutkan dengan *Grey Model GM(1,N)*, *Ridge*, *LASSO*, *Elastic Net*, serta model *hybrid* hasil pembobotan optimal. Hasil evaluasi menunjukkan model *hybrid* memberikan akurasi terbaik dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) di bawah 4% pada seluruh wilayah, jauh mengungguli *GM(1,N)* tunggal. Hasil proyeksi tahun 2025 sampai dengan 2030 menunjukkan seluruh wilayah mengalami peningkatan konsumsi, dengan Jawa Bali tetap mendominasi meskipun bertumbuh paling lambat, sementara Kalimantan menunjukkan ketidakpastian tertinggi akibat dampak pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN). Tahap optimisasi menggunakan *lexicographic Mixed-Integer Linear Programming* pada delapan skenario, yaitu empat orientasi prioritas dengan dan tanpa transmisi antarpulau. Seluruh skenario berhasil menurunkan biaya dan emisi secara signifikan dari kondisi *baseline*, dengan *trade-off* yang konsisten antara efisiensi biaya dan penurunan emisi. Evaluasi *Key Performance Indicator* (KPI) mengidentifikasi skenario *socio-economic centric* dengan transmisi antarpulau (WS3) sebagai konfigurasi paling seimbang, didukung hasil analisis sensitivitas yang menunjukkan ketahanan model terhadap perubahan biaya *photovoltaic* (PV) dan biaya transmisi. Penelitian ini merekomendasikan WS3 sebagai arah kebijakan transisi energi nasional jangka panjang, dengan skenario tanpa transmisi antarpulau WOS3 sebagai alternatif. Disarankan penambahan variabel prediktor yang lebih spesifik untuk wilayah dengan ketidakpastian tinggi, serta penerapan mekanisme pemutakhiran proyeksi secara berkala.

Kata Kunci: *Grey Forecasting*, Ketahanan Energi, *Mixed-Integer Linear Programming*, *Regularized Regression*, Sistem Jaringan Energi.