

## ABSTRAK

Energi baru dan terbarukan (EBT) berperan penting dalam pencapaian target Net Zero Emissions (NZE) 2060 sebagaimana tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2025 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Di antara berbagai teknologi EBT, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) diproyeksikan menjadi teknologi yang paling ekonomis. Namun demikian, potensi kedua pembangkit tersebut dipengaruhi oleh perubahan iklim dan tata guna lahan, seperti perubahan temperatur, curah hujan, jumlah hari hujan, radiasi matahari, serta perubahan tutupan lahan di daerah aliran sungai (DAS). Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak perubahan iklim dan tata guna lahan terhadap potensi EBT serta implikasinya terhadap perencanaan pengembangan pembangkit jangka panjang di wilayah tropis dengan studi kasus Pulau Sulawesi. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *system dynamics* untuk mengevaluasi hubungan antara variabel iklim dan potensi energi, serta pemodelan *Linear Programming (LP)* menggunakan OSeMOSYS (*The Open Source Energy Modeling System*) untuk perencanaan sistem kelistrikan Sulawesi bagian Utara (Sulbagut) dan Sulawesi bagian Selatan (Sulbagsel) periode 2026–2060. Data iklim yang digunakan meliputi temperatur, curah hujan, jumlah hari hujan, dan radiasi matahari selama periode 1981–2025. Pemodelan dilakukan dengan tiga skenario, yaitu tanpa mempertimbangkan perubahan iklim dan tata guna lahan, skenario perubahan iklim global SSP2-4,5 dan SSP5-8,5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi PLTA dipengaruhi secara dominan oleh infiltrasi, jumlah hari hujan dan curah hujan. Pada PLTS, radiasi matahari, luas lahan, efisiensi panel memberikan pengaruh yang sama besar, sementara temperatur memberikan dampak negatif yang tidak signifikan terhadap potensi PLTS. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, potensi PLTA pada Sistem Sulbagut berkisar di antara 1,01 – 1,33 GW dan sistem di Sulbagsel berada pada rentang 2,46 – 11,38 GW. Potensi PLTS tidak memberikan hasil dengan perbedaan signifikan di antara tiga skenario yang dilakukan. Hasil optimasi menunjukkan bahwa pada tahun 2060 bauran EBT sistem Sulbagut dapat mencapai 62%-74%, sedangkan Sistem Sulbagsel mencapai 27%-65%. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa sistem Sulbagut memiliki tingkat ketahanan yang lebih tinggi terhadap perubahan iklim dalam mempertahankan bauran EBT dibandingkan dengan sistem Sulbagsel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan iklim merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan pengembangan pembangkit jangka panjang karena dapat mengubah potensi sumber daya energi terbarukan, memengaruhi keputusan investasi pembangkit, serta menentukan konfigurasi sistem tenaga listrik yang optimal di masa mendatang.

**Kata kunci** - perubahan iklim, tata guna lahan, perencanaan pengembangan pembangkit, *system dynamics*, OSeMOSYS

## ABSTRACT

New and renewable energy (NRE) plays an important role in achieving the 2060 Net Zero Emissions (NZE) target as stipulated in Government Regulation Number 40 of 2025 concerning the National Energy Policy (NEP). Among various NRE technologies, Hydroelectric Power Plants (HPP) and Solar Power Plants (SPP) are projected to be the most economical technologies. However, the potential of both power plants is affected by climate change and land use, such as changes in temperature, rainfall, number of rainy days, solar radiation, and changes in land cover in watersheds. This study aims to analyze the impacts of climate change and land use on NRE potential and their implications for long-term power plant development planning in tropical regions, using Sulawesi Island as a case study. The analysis was conducted using a system dynamics approach to evaluate the relationship between climate variables and energy potential, as well as Linear Programming (LP) modeling using OSeMOSYS (The Open Source Energy Modeling System) for the northern area (Sulbagut) and the southern area (Sulbagsel) electricity system planning for the period 2026–2060. The climate data used include temperature, rainfall, number of rainy days, and solar radiation for the period 1981–2025. Modeling was carried out with three scenarios, namely without considering climate change and land use, global climate change scenarios SSP2-4.5 and SSP5-8.5. The results showed that the potential for HPP is predominantly influenced by infiltration, the number of rainy days and rainfall. In SPP, solar radiation, land area, and panel efficiency have the same influence, while temperature has an insignificant negative impact on the potential for SPP. Based on the calculations, the potential for HPP in the Sulbagut system ranges between 1.01–1.33 GW and the system in Sulbagsel is in the range of 2.46–11.38 GW. Meanwhile, the potential for SPP does not provide results with significant differences between the three scenarios. The optimization results show that in 2060 the renewable energy mix of the Sulbagut system can reach 62%–74%, while the Sulbagsel system reaches 27%–65%. The simulation results show that the Sulbagut system has a higher level of resilience to climate change in maintaining the renewable energy mix compared to the Sulbagsel system. Thus, climate change is proven to be a factor that needs to be considered in long-term power plant development planning because it can change the potential of renewable energy resources, influence power plant investment decisions, and determine the optimal power system configuration in the future.

**Keywords** – climate change, land-use, generation expansion planning, *system dynamics*, OSeMOSYS