

## INTISARI

Aksesibilitas, kecukupan dan prinsip keberlanjutan lingkungan dalam penyediaan energi listrik nasional menjadi salah satu tuntutan pada beberapa tahun ke depan. Transisi energi dari sumber bahan bakar fosil menuju energi terbarukan diperlukan sebagai upaya mitigasi dampak perubahan iklim dengan proyeksi menuju target *Net-Zero Emissions* tahun 2060 di Indonesia. Penelitian ini mengkaji perencanaan proses transisi energi pada sektor ketenagalistrikan provinsi Sumatera Utara melalui tiga skenario pemodelan yang disimulasikan menggunakan *software* LEAP dengan kerangka optimasi NEMO, yaitu skenario *Business As Usual* (BAU), skenario *Net-Zero Emissions Carbon Capture Storage* (NZE CCS), dan skenario *Net-Zero Emissions Full Renewable Energy* (NZE FRE).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2060, skenario NZE FRE mampu mencapai bauran energi terbarukan 100%, dibandingkan dengan skenario BAU (42,1%) dan NZE CCS (70,8%). Energi surya, biomassa, air, dan panas bumi diproyeksikan sebagai sumber utama pembangkitan energi listrik di skenario NZE FRE, dengan energi surya sebagai kontributor terbesar. Skenario NZE FRE juga terbukti paling efektif dalam mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 265,9 juta ton CO<sub>2</sub> atau sebesar 70,5% emisi gas rumah kaca yang dapat dihindari jika dibandingkan dengan skenario BAU. Meskipun biaya skenario NZE FRE lebih tinggi, tetapi skenario ini dapat memberikan dampak eksternal yang lebih rendah dan keuntungan jangka panjang dalam keberlanjutan lingkungan.

**Kata Kunci** : Transisi Energi, *Net-Zero Emissions*, Sumatera Utara, LEAP.

## ABSTRACT

Accessibility, adequacy, and environmental sustainability principles in providing a national electricity supply will become key demands in the coming years. The energy transition from fossil fuel sources to renewable energy is necessary to mitigate the impact of climate change, with projections towards the Net-Zero Emissions target by 2060 in Indonesia. This study examines the planning of the energy transition process in the electricity sector of North Sumatra province through three modeling scenarios simulated using LEAP software with the NEMO optimization framework, namely the Business As Usual scenario (BAU), the Net-Zero Emissions Carbon Capture Storage scenario (NZE CCS), and the Net-Zero Emissions Full Renewable Energy scenario (NZE FRE).

The study results show that by 2060, the NZE FRE scenario can achieve a 100% renewable energy mix, compared to the BAU scenario (42.1%) and the NZE CCS scenario (70.8%). Solar, biomass, hydro, and geothermal energy are projected to be the main sources of electricity generation in the NZE FRE scenario, with solar energy as the largest contributor. The NZE FRE scenario is also proven to be the most effective in reducing greenhouse gas emissions by up to 265.9 million tons of CO<sub>2</sub>, or 70.5% of avoidable greenhouse gas emissions, compared to the BAU scenario. Although the cost of the NZE FRE scenario is higher, it can provide lower external impacts and long-term benefits in environmental sustainability.

**Keywords:** Energy Transition, Net-Zero Emissions, North Sumatra, LEAP.