

## ABSTRACT

The Special Region of Yogyakarta Province, the smallest province in Indonesia, lacks fossil and gas resources, and its electricity demand is supplied by the Java-Madura-Bali (JAMALI) electricity system, which is dominated by fossil and gas power plants that produce CO<sub>2</sub> emissions. One of the solutions to reduce CO<sub>2</sub> emissions is by utilizing the renewable energy sources (REs) potential available in Yogyakarta to meet the demand for electrical energy. The government's target to achieve Renewable Energy (RE) mix of 23% by 2025 and 31% by 2050 has not yet been achieved as electricity demand is still supplied by the JAMALI system.

The implementation of renewable energy power plants is modeled in this research and analyzed as the primary energy source in the optimization model. In this study, the electrical system planning is conducted using three scenarios: the Business as Usual (BaU) scenario, which represents a scenario without EBT power plants, the scenario involving the integration of EBT power plants, and along with the addition of Battery Energy Storage Systems (BESS). The contribution of RE power plants is analyzed based on two aspects, namely production of electrical energy and reduction of CO<sub>2</sub> emissions. The optimization method employed is Mixed Integer Linear Programming (MILP), using the Low Emission Analysis Platform (LEAP) software platform and the Next Energy Modelling system for Optimization (NEMO) solver.

The research results show that in the RE scenario, the contribution of RE power plants was 84.8%, and energy imports from JAMALI electricity system were 15.2% with a total cost of 10.256,1 million USD and BPP generation Rp 929,4/kWh. Meanwhile, in the RE with BESS integration scenario, the contribution of RE power plants increased by 92%, and energy imports from JAMALI electricity system decreased to 8%, but with a higher total cost of 11.476,7 million USD and BPP Generation Rp 1.050,6/kWh. Cumulative emissions in the BaU scenario of 134.5 million Metric Tonnes CO<sub>2</sub> Equivalent can be reduced by the 77.6% RE and 84.3% RE with BESS integration scenarios of 30.1 Metric Tonnes CO<sub>2</sub> Equivalent and 21.1 million Metric Tonnes CO<sub>2</sub> Equivalent, respectively. Cost-benefit analysis EBT scenario and EBT-BESS scenario has a Net Present Value cost less than by 2,8 Billion USD dan 2,3 Billion USD compared BaU scenario.

**Keywords:** Renewable Energy, Optimization, Emissions, Cost-Benefit.

## INTISARI

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai provinsi terkecil di Indonesia tidak memiliki sumber daya fosil dan gas. Pemenuhan permintaan energi listrik didapatkan dari suplai sistem kelistrikan Jawa-Madura-Bali (JAMALI). Pembangkit sistem JAMALI didominasi oleh pembangkit fosil dan gas yang menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Salah satu solusi mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yaitu dengan pemanfaatan potensi energi terbarukan lokal yang tersedia di D.I Yogyakarta untuk memenuhi permintaan energi listrik. Target pemerintah untuk mencapai bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 belum dapat dicapai karena permintaan energi listrik masih disuplai oleh sistem JAMALI.

Implementasi pembangkit energi terbarukan dimodelkan pada penelitian ini dan dianalisis sebagai sumber energi primer pembangkit dalam model optimasi. Penelitian dilakukan dengan tiga skenario yaitu, skenario *Business as Usual* (BaU) ialah skenario tanpa adanya pembangkit EBT dan skenario integrasi pembangkit EBT serta pembangkit EBT dengan penambahan *Battery Energy Storage System* (BESS). Kontribusi pembangkit energi baru terbarukan dianalisis dengan dua aspek yaitu produksi energi listrik dan pengurangan emisi CO<sub>2</sub>. Metode optimasi dilakukan dengan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) menggunakan platform perangkat lunak *Low Emission Analysis Platform* (LEAP) dan model optimasi diselesaikan dengan *solver Next Energy Modeling system for Optimization* (NEMO).

Hasil penelitian menunjukkan pada skenario integrasi pembangkit EBT, kontribusi pembangkit EBT sebesar 84,8% dan impor energi dari JAMALI sebesar 15,2% biaya total 10.256,1 juta USD dengan BPP Pembangkitan Rp 929,4/kWh. Sementara pada skenario integrasi pembangkit EBT dengan BESS kontribusi pembangkit EBT meningkat sebesar 92% dan impor JAMALI menurun menjadi 8%, namun dengan biaya total yang lebih besar yaitu 11.476,7 juta USD dengan BPP Pembangkitan sebesar Rp 1.050,6/kWh. Emisi kumulatif pada skenario BaU sebesar 134,5 juta *Metric Tonnes CO<sub>2</sub> Equivalent* dapat dikurangi dengan skenario EBT sebesar 77,6% dan EBT BESS 84,3% masing-masing 30,1 *Metric Tonnes CO<sub>2</sub> Equivalent* dan 21,1 juta *Metric Tonnes CO<sub>2</sub> Equivalent*. Analisis *Cost-Benefit* menunjukkan skenario integrasi pembangkit EBT dan EBT-BESS memiliki biaya *Net Present Value* yang lebih rendah masing-masing 2,8 Miliar USD dan 2,3 Miliar USD dari pada skenario BaU.

**Kata Kunci :** Energi Baru Terbarukan, Optimasi, Emisi, *Cost-Benefit*.