

Pemerintah Indonesia berkomitmen mendukung gerakan *Net Zero Emission* (NZE) dengan meratifikasi *Paris Agreement* yang berisi penurunan persentase emisi gas rumah kaca hingga 29% dengan upaya sendiri dan dapat mencapai 41% dengan kerja sama internasional. Penurunan emisi gas rumah kaca dapat ditempuh dengan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan/atau pengoptimalan Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam sistem tenaga listrik. Persentase penetrasi EBT dalam sistem tenaga listrik di tahun 2025 ditargetkan sebesar 23%. Sistem kelistrikan Jawa-Bali memiliki potensi EBT yang cukup besar di sektor Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Potensi penetrasi PLTS di sistem Jawa-Bali memiliki tantangan yaitu karakteristik *intermittent* PLTS yang membuat daya keluaran PLTS tidak selalu ada ketika diperlukan dan dapat berubah drastis secara cepat. Daya keluaran PLTS bergantung pada kondisi cuaca sehingga daya keluaran selalu berubah (*variability*) dan tidak dapat diprediksi (*uncertainty*). *Intermittent* PLTS dapat berakibat pada ketidakseimbangan antara *supply* pembangkit dengan *demand* beban yang nantinya berdampak pada deviasi frekuensi sistem. Upaya meminimalkan dampak *intermittent* PLTS dapat melalui penerapan *Battery Energy Storage System* (BESS). BESS juga memiliki peran dalam manajemen beban seperti *peak shaving* dan *load leveling* dimana BESS akan *charge* saat beban rendah dan *discharge* saat beban puncak. Oleh karena itu, untuk menjaga keandalan sistem dan memperoleh biaya operasi yang ekonomis diperlukan penjadwalan unit pembangkit dengan pertimbangan kekangan keamanan atau *Security Constrained Unit Commitment* (SCUC). Salah satu kriteria keamanan operasi jangka pendek adalah masing-masing region dari sistem Jawa-Bali harus mampu beroperasi dalam mode *islanding* jika terjadi gangguan besar dengan kriteria N-1. Pemodelan SCUC menggunakan metode optimisasi *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP). Pemodelan SCUC terdiri atas pemodelan fungsi objektif dan kekangan yang ditulis dalam bahasa pemrograman Python serta memerlukan bantuan solver *CPLEX Optimization Studio* dari IBM. Sebelum diimplementasikan ke sistem Jawa-Bali, pemodelan SCUC diujikan ke *test system* IEEE 39 bus. Luaran dari CP ini berupa simulasi lengkap dari SCUC sistem Jawa-Bali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekangan frekuensi, *line capacity*, transfer daya antar region tidak melewati batas standar maksimal. Pengoperasian *islanding* pada sistem Jawa-Bali berhasil diimplementasikan. Peranan BESS pada masing-masing sistem juga telah disimulasikan.

Kata kunci: *Security Constrained Unit Commitment, islanding, Energy Storage System, Mixed-Integer Linear Programming, Battery Energy Storage System (BESS).*

ABSTRACT

The Indonesian government is committed to supporting the Net Zero Emission (NZE) movement by ratifying the Paris Agreement which contains a reduction in the percentage of greenhouse gas emissions by up to 29% with their own efforts and can reach 41% with international cooperation. Reducing greenhouse gas emissions can be achieved by reducing the use of fossil fuels and/or optimizing New and Renewable Energy (NRE) in electric power system. The percentage of NRE penetration in the electric power system in 2025 is targeted at 23%. The Java-Bali electricity system has a large potential for renewable energy in Photovoltaic (PV). Unfortunately, PV has intermittent characteristics, which makes its output power not always available when needed and can change drastically. PV output power depends on weather conditions, so its output power is always changing (variability) and unpredictable (uncertainty). Intermittent of PV cause imbalance between generated supply and load demand that affects the frequency deviation. One of the solution to minimize the impact of intermittent is the application of Battery Energy Storage System (BESS). BESS also has a role in load management such as peak shaving and load leveling where BESS will charge at low load and discharge at peak load. Therefore, to maintain system reliability and obtain economical operating costs, it is necessary to schedule a generating unit with consideration of security constraints or Security Constrained Unit Commitment (SCUC). One of the safety criteria for short-term operation is each region of the system must be able to operate in islanding mode in the event of an N-1 contingency. SCUC modeling uses the Mixed-Integer Linear Programming (MILP) optimization method. SCUC modeling consists of objective and constraint function modeling written in Python programming language and requires the help of the IBM CPLEX Optimization Studio solver. The model will be tested in a modified IEEE 39-bustest system and implemented in the Java-Bali Grid. The output of this CP is a complete simulation of the Java-Bali SCUC system The test results show that the frequency constraint, line capacity, and power transfer between regions do not exceed the maximum standard limit. The islanding operation and the role of BESS in both systems were successfully implemented.

Keywords: Security Constrained Unit Commitment, islanding, Energy Storage System, Mixed-Integer Linear Programming, Battery Energy Storage System (BESS)