

INTISARI

Pemerintah Indonesia menargetkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan sebagai energi bauran paling sedikit 23 persen dari total kebutuhan listrik nasional pada tahun 2025. Pembangkit listrik energi baru dan terbarukan yang memiliki potensi pengembangan tertinggi di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dengan potensi pengembangan sebesar 207.898 MW dan didukung dengan harga panel surya yang cenderung menurun beberapa tahun terakhir. Akan tetapi, daya keluaran PLTS yang bersifat intermiten dapat menimbulkan beberapa dampak negatif saat dihubungkan ke *grid*, seperti ketidakseimbangan daya yang dihasilkan dengan permintaan beban, fluktuasi tegangan, serta berpotensi menimbulkan *reverse power flow*. Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang strategi yang dapat meminimalisir dampak negatif tersebut dan mengimplementasikannya dalam sebuah sistem kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT)

Strategi yang diusulkan adalah dengan mengintegrasikan BESS dalam sistem *microgrid* terhubung ke *grid* yang terdiri dari beberapa PLTS dan beban konstan, untuk menyimpan daya saat terjadi surplus daya dan menyuplai daya saat terjadi defisit daya, sehingga daya yang dihasilkan oleh sistem tersebut dapat sesuai dengan permintaan daya dari TSO. Kemudian, jika terjadi surplus daya namun BESS tidak dapat menyimpannya, akan dilakukan *power curtailment* pada daya keluaran PLTS. Strategi tersebut diimplementasikan dalam sebuah *microgrid controller* yang dapat mengirimkan referensi daya pada masing-masing pembangkit sesuai dengan strategi tersebut dan kondisi transisi sistem *microgrid*.

Sistem *microgrid* beserta *microgrid controller* akan dimodelkan dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak Typhoon HIL. Setelah itu, *microgrid controller* juga akan diimplementasikan dalam sistem kontrol berbasis IoT dengan menggunakan perangkat Raspberry Pi 3B+, Node-Red, serta protokol komunikasi MQTT. Perangkat tersebut kemudian akan diuji dengan metode *hardware in the loop* menggunakan perangkat Typhoon HIL.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *microgrid controller* dapat menyesuaikan daya yang dihasilkan oleh masing-masing pembangkit, sehingga daya yang terukur di PCC dapat sesuai dengan referensi daya yang diberikan oleh TSO, meskipun terdapat *delay* selama dua detik dalam respon sistem tersebut, yang diakibatkan oleh proses komunikasi antara *microgrid controller* dan masing-masing pembangkit. Dengan kemampuan *microgrid* untuk menghasilkan daya sesuai referensi TSO, diharapkan mampu meminimalisir dampak negatif sifat intermitensi PLTS dan membantu memaksimalkan pemanfaatan PLTS dalam sistem ketenagalistrikan.

Kata kunci : Energi Baru dan Terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, *microgrid controller*, *Internet of Things*, *Hardware in the Loop*

ABSTRACT

Indonesian government targets the use of renewable energy as a mixed energy at least 23 percent of the total national electricity demand by 2025. The renewable energy plant that has the highest development potential in Indonesia is the Photovoltaic Power Plant (PVPP), with a potential development of 207,898 MW and supported by solar panel prices that tend to decline in recent years. However, intermittent solar output power can cause several negative impacts when connected to grid, such as power imbalances, voltage fluctuations, and potentially cause reverse power flow. This final project aims to design a strategy that can minimize these negative impacts and implement them in a control system based on Internet of Things (IoT) concept.

The proposed strategy is to integrate BESS in a microgrid system, that connected to a grid and consisting of several solar plants and constant loads, to store power when there is an exceed power and supply power when there is a lack of power, so the power generated by the system can match the power demand from TSO. Then, if there is a an exceed power but BESS can't store it, power curtailment will be done on the PVPP output power. The strategy would implemented in a microgrid controller that can send power references to each plant according to that strategy and the transition conditions of the microgrid system.

The microgrid system and microgrid controller will be modeled and simulated using Typhoon HIL software. After that, microgrid controller will also be implemented in an IoT-based control system using Raspberry Pi 3B+ devices, Node-Red, and MQTT communication protocols. The device will then be tested with the hardware in the loop method using the Typhoon HIL device.

The test results show that microgrid controller can adjust the power generated by each plant, so that the measured power in the PCC can match the power reference provided by TSO, even though there is a two-second delay in the response of the system, which is caused by the communication process between microgrid controller and each plant. With the ability of microgrid to produce power according to the TSO reference, it is expected to be able to minimize the negative impact of PVPP intermittency and help maximize the use of PVPP in the electricity system.

Keywords : *renewable energy, photovoltaic power plant, microgrid, internet of things, hardware in the loop*