

## ABSTRACT

In a traditional standalone PV system, the auxiliary energy source, such as a battery, is directly connected to the main dc bus. With a direct connection to the dc bus, the number of the batteries determined by the dc bus voltage. The number of batteries has to be increased to reach the required voltage for the dc bus. Increasing battery, however, will increase the cost, decrease the flexibility and reliability of the system. In these topologies, the dc bus voltage will vary and will damage the battery. The current and voltage of the battery will vary; thus, the system reliability will decrease.

The standalone PV system requires an additional dc converter, called a bidirectional dc converter (BDC), to connect the battery to the dc bus of the solar PV system. The BDC connects the battery with the dc bus to prevent the battery from damage caused by varying dc bus voltage. One of the simplest configurations of BDC is buck and boost BDC, which enables power forward and backward power flow in just one converter. The BDC uses a proportional-integral-derivative (PID) based controller, with voltage and current reference, to control forward and backward power flow. The voltage reference of the BDC control is used to determine the dc bus voltage, while the current reference of the BDC control is based on the power generated by solar PV and required power by the load. The BDC control is also equipped with a battery charging limiter at 90% and discharging limiter at 20%.

In this study, five operating modes were done to test the BDC control. In the first operation, BDC operating in boost mode to deliver power from the battery to the load. In the second operation, BDC operating in buck mode to deliver power from solar PV to the battery. In the third operation, the BDC operates alternately between boost and buck mode in the variation of the MPPT. In the fourth operation, the BDC operates at a battery charge limitation of 90% and operates at the battery discharge limitation of 20%. In the fifth operation, the BDC works alternately between load variations.

Simulation results have shown that BDC control can maintain the dc bus voltage at 100V in five operation modes. BDC could discharge the battery's power to the load in boost operation, achieving efficiency at 99,18%. BDC could charge the battery with the solar PV power in buck operation, achieving efficiency at 99,48%. BDC could stop battery charging operation when SOC reaches 90% and stops battery discharging operation when SOC reaches 20%.

**Keywords:** renewable energy, solar PV, storage, battery, bidirectional dc converter.

## INTISARI

Sistem PLTS mandiri dengan topologi tradisional menghubungkan baterai secara langsung dengan bus dc. Topologi tradisional memiliki beberapa kekurangan, seperti jumlah baterai yang harus disesuaikan dengan tegangan dari bus dc sistem, sehingga sistem tidak fleksibel, dan akan meningkatkan biaya pembangkitan dari sistem. Selain itu, tegangan dari bus dc akan bervariasi, sehingga mengurangi usia penggunaan baterai. Arus dan tegangan dari baterai yang bervariasi juga akan mengakibatkan keandalan dari sistem menurun.

Penggunaan baterai pada PLTS mandiri membutuhkan konverter dc tambahan yang disebut dengan *bidirectional dc converter* (BDC). BDC menghubungkan baterai dengan bus dc dari sistem, untuk mencegah kerusakan baterai yang diakibatkan oleh variasi tegangan dari bus dc. Salah satu topologi dari BDC adalah *buck and boost* BDC, yang memungkinkan aliran daya bolak-balik (*forward* dan *backward*) pada satu konverter. BDC menggunakan kendali berbasis *proportional-integral-derivative* (PID) dengan referensi arus dan tegangan untuk pengaturan aliran daya *forward* dan *backward*. Referensi tegangan dari kendali BDC diatur untuk menentukan nilai tegangan dari bus dc, sedangkan referensi arus dari BDC diatur berdasarkan nilai daya referensi, yaitu selisih antara kebutuhan daya beban dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Kendali BDC juga dilengkapi dengan pembatas operasi pengisian baterai pada *state of charge* (SOC) 90% dan pembatas operasi pengosongan baterai pada SOC 20%.

Pada penelitian dilakukan 5 mode operasi untuk pengujian BDC. Mode operasi pertama, BDC beroperasi pada mode *boost* untuk mengalirkan daya dari baterai menuju beban. Pada mode operasi kedua, BDC beroperasi pada mode *buck* untuk mengalirkan daya yang dihasilkan oleh panel surya menuju baterai. Pada mode operasi ketiga, BDC beroperasi secara bergantian dari mode *buck* menjadi mode *boost*. Pada mode operasi keempat, dilakukan operasi batas pengisian baterai pada SOC 90% dan operasi batas pengosongan baterai pada SOC 20%. Pada mode operasi kelima, dilakukan variasi pada nilai daya beban.

Berdasarkan hasil simulasi, kendali BDC mampu menjaga nilai tegangan bus dc sesuai dengan nilai tegangan referensi sebesar 100V pada kelima mode operasi. Pada mode operasi *boost*, BDC mampu mengalirkan arus dari baterai menuju beban sesuai dengan besar nilai daya referensi, dan didapatkan efisiensi sistem sebesar 99,18%. Pada mode operasi *buck*, BDC mampu mengalirkan arus dari panel surya menuju baterai sesuai dengan besar nilai daya referensi, dan didapatkan efisiensi sistem sebesar 99,48%. BDC mampu menghentikan operasi pengisian baterai ketika SOC mencapai 90% dan operasi pengosongan baterai ketika SOC mencapai 20%.

**Kata kunci** --PLTS, penyimpanan, baterai, *bidirectional dc converter*, *state of charge*.