

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi Baru Terbarukan (EBT) saat ini menjadi fokus utama dalam pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan global, termasuk di Indonesia. Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat melimpah sepanjang tahun. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi strategis untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang ramah lingkungan. Namun, efisiensi penggunaan panel surya seringkali terkendala oleh karakteristik keluarannya yang bersifat fluktuatif, yang sangat bergantung pada intensitas iradiasi matahari dan kondisi suhu lingkungan.

Tegangan keluaran dari panel surya yang tidak stabil dapat mengganggu kinerja beban atau merusak sistem penyimpanan energi seperti baterai. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem konversi daya DC-ke-DC yang mampu meregulasi tegangan tersebut secara fleksibel. Rangkaian *buck-boost converter* merupakan pilihan yang optimal karena kemampuannya untuk bekerja dalam dua mode yaitu menurunkan tegangan (*buck*) saat *input* melebihi target, dan menaikkan tegangan (*boost*) saat *input* berada di bawah target. Dengan demikian, tegangan keluaran dapat dipertahankan pada level yang diinginkan terlepas dari perubahan tegangan masukan.

Namun, pengoperasian *buck-boost converter* secara *open loop* memiliki kelemahan dalam menghadapi perubahan beban yang dinamis dan gangguan pada sisi *input*. Tanpa sistem kendali yang presisi, tegangan keluaran akan sering mengalami *error* dan *ripple* yang tinggi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan metode kendali *closed loop* yang handal. Pengontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) merupakan algoritma kendali yang paling banyak digunakan di industri karena kemampuannya dalam meminimalisir *error steady state*, mempercepat *response time*, serta menjaga stabilitas sistem melalui penyesuaian nilai *duty cycle* secara otomatis.

Dalam implementasinya, dibutuhkan perangkat kontroler yang adaptif dan ekonomis. Mikrokontroler Arduino Uno berbasis menjadi pilihan yang sangat relevan karena memiliki fitur *Pulse Width Modulation* (PWM) yang mumpuni untuk menggerakkan *switching* pada konverter, serta kemudahan dalam memproses algoritma PID melalui pemrograman berbasis C++.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai "Perancangan Sistem *Buck-Boost Converter* pada PLTS Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno dengan Pengontrol Proportional–Integral–Derivative (PID)". Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem stabilisasi tegangan yang akurat dan efisien untuk mendukung optimalisasi pemanfaatan energi surya pada aplikasi skala kecil maupun menengah.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut terdapat rumusan masalah berdasarkan latar belakang permasalahan penelitian antara lain ialah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah rancang bangun sistem *buck-boost converter* menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang dilengkapi dengan pengendali PID untuk aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)?
2. Seberapa akurat pembacaan sensor tegangan yang digunakan sebagai umpan balik (feedback) pada sistem rangkaian *buck-boost converter* jika dibandingkan dengan alat ukur standar (multimeter)?
3. Bagaimanakah kinerja pengendali PID dalam menjaga kestabilan tegangan keluaran 12 V terhadap variasi tegangan masukan dan variasi beban?

1.3 Tujuan

Berikut terdapat beberapa tujuan penelitian antara lain ialah sebagai berikut :

1. Merancang dan mengimplementasikan *buck-boost converter* berbasis Arduino Uno dengan algoritma kontrol PID untuk mengatasi fluktuasi tegangan pada panel surya.
2. Menguji tingkat akurasi sensor tegangan untuk memastikan validitas data masukan bagi pengontrol PID sehingga meminimalisir kesalahan respon sistem.
3. Menganalisis efektivitas kontrol PID dalam mempertahankan tegangan keluaran

yang stabil di 12 V, baik saat sistem bekerja dalam mode *buck* maupun *boost*, serta saat diberi beban daya yang berbeda-beda.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan penulis dalam penelitian ilmiah ini adalah :

1. Menjadi referensi ilmiah dalam bidang teknik elektro, khususnya terkait perancangan sistem konversi daya pada energi terbarukan.
2. Melakukan pengontrolan *buck boost converter* digunakan untuk tegangan *output* tetap stabil di 12 volt meskipun tegangan *input* berubah sebagai cara agar mendapatkan tegangan yang sesuai dengan yang diinginkan.
3. Memberikan solusi teknis dalam menstabilkan tegangan keluaran panel surya melalui penerapan *buck-boost converter* dengan pengontrol PID.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Pada penulisan ini, penulis akan membahas beberapa batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya difokuskan pada perancangan dan analisis *buck-boost converter* dengan pengendali PID yang berfungsi sebagai penstabil tegangan pada sistem PLTS.
2. Parameter yang diamati terbatas pada tegangan keluaran (*output voltage*) sebagai indikator utama kinerja konverter, tanpa membahas parameter lain seperti arus, daya, maupun efisiensi total sistem.
3. Penelitian tidak mencakup pembahasan detail terkait pemrograman atau *coding* pada *mikrokontroler*, melainkan hanya menekankan pada implementasi fungsional dari pengendali PID.

1.6 Kebaharuan

Penelitian mengenai *buck-boost converter* pada sistem energi terbarukan telah banyak dilakukan sebelumnya, baik dengan menggunakan metode konvensional maupun dengan penerapan algoritma kontrol berbasis *fuzzy logic* atau simulasi perangkat lunak semata. Namun demikian, keterbaruan dari penelitian ini terletak pada perancangan sistem *buck-boost converter* yang diintegrasikan dengan pengontrol PID berbasis mikrokontroler Arduino UNO untuk aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Metode PID pada penelitian ini dilakukan agar mendapatkan nilai tegangan

yang stabil sehingga *output* tegangan yang dihasilkan tidak berada dibawah ataupun diatas tegangan yang ditentukan.

1.6 Hipotesis

Penelitian dengan judul Perancangan Sistem *Buck-Boost Converter* Pada PLTS Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Dengan Pengontrol *Proportional–Integral–Derivative* (PID) ini memiliki beberapa hipotesis yang terdiri atas:

1. Alat *buck-boost converter* dengan sistem kontrol PID ini dirancang menggunakan komponen utama seperti Arduino Uno, MOSFET, dan induktor yang mudah didapatkan sehingga biaya perakitannya ekonomis dan terjangkau.
2. Implementasi pengendali PID pada sistem *buck-boost converter* diharapkan dapat menjaga kestabilan tegangan keluaran secara otomatis pada target 12 V meskipun terjadi fluktuasi pada tegangan masukan dari panel surya. Hal ini diharapkan dapat mengurangi risiko kerusakan pada beban atau perangkat elektronik sensitif akibat ketidakstabilan daya, serta meminimalisir kebutuhan pemantauan manual oleh pengguna karena sistem bekerja secara otomatis (automatic control).