

PID Control Based DC Boost Converter on Wheeled Soccer Robot

Kevin Adrianto Nugraha, Tole Sutikno
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirimkan 04 April 2021
Direvisi 28 April 2021
Diterima 05 Juni 2021

Kata Kunci

DC-DC Converter;
Boost Converter;
Arduino Nano;
PWM;
Pulse width modulation;
PID

Penulis Korespondensi:

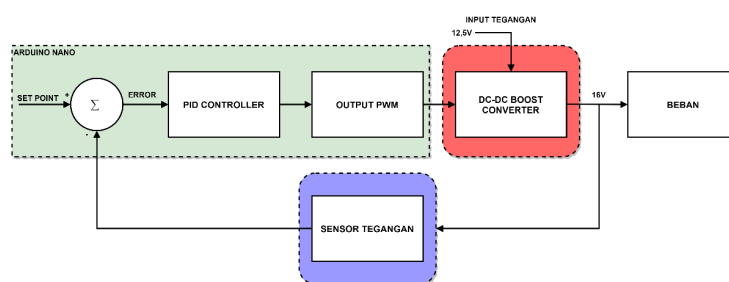
Kevin Adrianto Nugraha,
Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Ahmad Dahlan,
Jln. Ring Road Selatan,
Banguntapan, Bantul,
Yogyakarta, Indonesia

Surel/Email:
kevin1700022079@webmail.uad.ac.id

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



ABSTRACT / ABSTRAK



In this research, Proportional Integral Derivative (PID) controller is applied to the DC-DC Boost Converter system. The system is a power electronics circuit that functions to stabilize the voltage by increasing the value of the output voltage so that it is of a higher value than the input voltage without having to eliminate the relatively large power so that it can overcome the voltage shortage. Control is done by providing a signal or voltage that regulates the ON time and the OFF time of the switch. The voltage value is based on the duty cycle value which is a unit of PWM (Pulse Width Modulation). The input voltage at the boost converter tends to fluctuate and is unstable. On this basis, the output voltage must be controlled by a voltage converter that can be adjusted as desired to match a predetermined set point value. By setting the PWM value with the PID method, it is easier to get a constant output voltage value on the boost converter. The results obtained after using a PID control produce a very stable and constant output voltage without any ripple voltage. For the tuning parameter value used to produce a stable output voltage, the proportional value is 5, the integral value is 5, and the derivative value is 3.

Pada penelitian ini diterapkan pengendali Proporsional Integral Derivatif (PID) pada sistem DC-DC Boost Converter. Sistem tersebut merupakan suatu rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan dengan menaikkan nilai tegangan keluaran sehingga bernilai lebih tinggi dari tegangan masukan tanpa harus menghilangkan daya yang relatif besar sehingga dapat mengatasi kekurangan tegangan. Pengendalian dilakukan dengan memberikan sinyal atau tegangan yang mengatur waktu ON dan waktu OFF switch. Nilai tegangan berdasarkan nilai duty cycle yang merupakan satuan dari PWM (Pulse Width Modulation). Tegangan masukan pada boost converter cenderung fluktuatif dan tidak stabil. Atas dasar itu tegangan keluaran harus dikendalikan oleh sebuah konverter tegangan yang dapat diatur sesuai keinginan agar cocok dengan nilai set point yang telah ditetapkan. Dengan mengatur nilai PWM dengan metode PID dapat mempermudah untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang konstan pada boost converter. Hasil penelitian yang didapatkan setelah menggunakan sebuah kendali PID ini menghasilkan tegangan keluaran yang sangat stabil dan konstan tanpa adanya tegangan ripple. Untuk nilai tuning parameter yang digunakan sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang stabil yaitu nilai proporsional adalah 5, nilai integral adalah 5, dan nilai derivatif adalah 3.

Sitasi Dokumen ini:

K. A. Nugraha and T. Sutikno, "PID Control Based DC Boost Converter on Wheeled Soccer Robot," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 106-114, 2021, doi: [10.12928/biste.v3i2.3942](https://doi.org/10.12928/biste.v3i2.3942).

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan teknologi yang terjadi saat ini, penggunaan teknologi *converter* elektronika daya telah banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari, salah satu yaitu penggunaan *DC converter* dengan jenis *Boost Converter* [1]. Sistem sebuah *boost converter* ini merupakan salah satu regulator *DC* tipe penyaluran *non isolated* yang dapat digunakan untuk kebutuhan sebuah sumber tegangan searah dengan hasil tegangan keluaran yang bervariasi, yang mana nilai tegangan yang dihasilkan dapat diatur sesuai keinginan agar lebih besar dari nilai tegangan masukannya [2].

Pengendalian dilakukan dengan memberikan sinyal atau tegangan yang mengatur waktu *ON* dan waktu *OFF switch*. Nilai tegangan berdasarkan nilai *duty cycle* yang merupakan satuan dari *PWM (Pulse Width Modulation)* [3]. Proses penyaluran yang digunakan berupa *zero voltage switching*. Penyaluran terjadi ketika tegangan pada drain ke source MOSFET bernilai nol [4]. Untuk membuat sebuah *boost converter* ini membutuhkan beberapa komponen utama di antaranya induktor, mosfet, diode, dan kapasitor. Mosfet difungsikan untuk sistem *switching PWM* [5].

Untuk mendapatkan tegangan *DC* yang bervariasi, maka dibutuhkan konverter daya yang dapat menghasilkan tegangan output sesuai dengan yang dibutuhkan. Jenis konverter daya yang digunakan tergantung kepada jenis tegangan *input* [6]. Jika tegangan *input* berupa tegangan *AC* maka digunakan penyearah, sedangkan jika tegangan input adalah tegangan *DC*, maka digunakan konverter *DC-DC* [7]. Tetapi kelemahan yang masih terjadi pada *boost converter* ini yaitu tegangan keluaran yang dihasilkan fluktuatif atau tidak stabil. Atas dasar itu tegangan keluaran harus dikendalikan oleh sebuah konverter tegangan yang dapat diatur sesuai keinginan agar cocok dengan nilai *set point* yang telah ditetapkan.

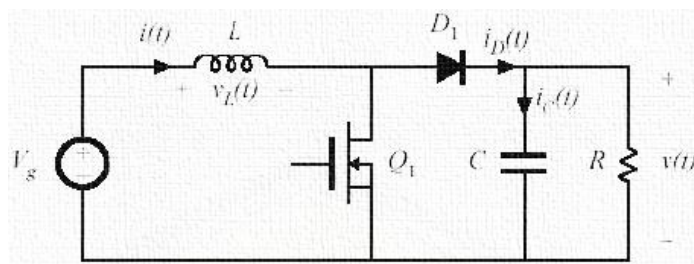
Untuk mengatur sebuah nilai *PWM* dengan suatu metode agar dapat mempermudah untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang konstan pada *boost converter* yaitu dengan cara memasukkan nilai *range* minimal dan maksimal pada program sehingga menghasilkan nilai *PWM* yang diinginkan [8]. Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah metode yang dapat membuat tegangan keluaran menjadi stabil yaitu dengan menggunakan kendali *PID* dengan metode *trial and error* [9][10][11][12].

2. METODE

Penelitian ini menggunakan sebuah kendali *PID* dengan metode *trial and error* untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang sesuai dengan *set point* yang diinginkan. *Boost converter* dirancang agar tegangan keluaran dapat menghasilkan tegangan sebesar 16V yang stabil tanpa adanya tegangan *ripple*. Yang mana untuk tegangan masukkan menggunakan tegangan sebesar 12,5V.

2.1. Topologi DC-DC Boost Converter

Boost converter adalah salah satu *DC-DC converter* yang dapat menaikkan tegangan *DC* berdasarkan *duty-cycle* mosfet pada rangkaian *boost converter*. *Boost converter* berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya, atau biasa disebut dengan konverter penaik tegangan. Keunggulan dari *boost converter* adalah mampu menghasilkan arus masukkan yang kontinu, untuk skema dari *boost converter* Gambar 1 [13].



Gambar 1. Skema DC-DC Boost Converter

Pada bagian fisik *boost converter* terdiri dari beberapa bagian bawah dan bagian atas. Pada bagian bawah terdapat *display voltmeter*, resistor, kapasitor. Sedangkan pada bagian atas terdapat sensor tegangan, potensiometer, arduino nano, terminal blok, induktor, dan mosfet. Untuk tegangan *input* yang digunakan pada *boost converter* ini sebesar 12,5V yang merupakan representasi dari baterai Li-Po 3 cell dan untuk tegangan *set point* nya 16V.

2.2. Persamaan PID

Pengendali *PID (Proportional Integral Derivative)* merupakan pengendali mekanisme umpan balik yang biasanya dipakai pada sistem kendali industri. Sebuah pengendali *PID* secara diskrit menghitung nilai

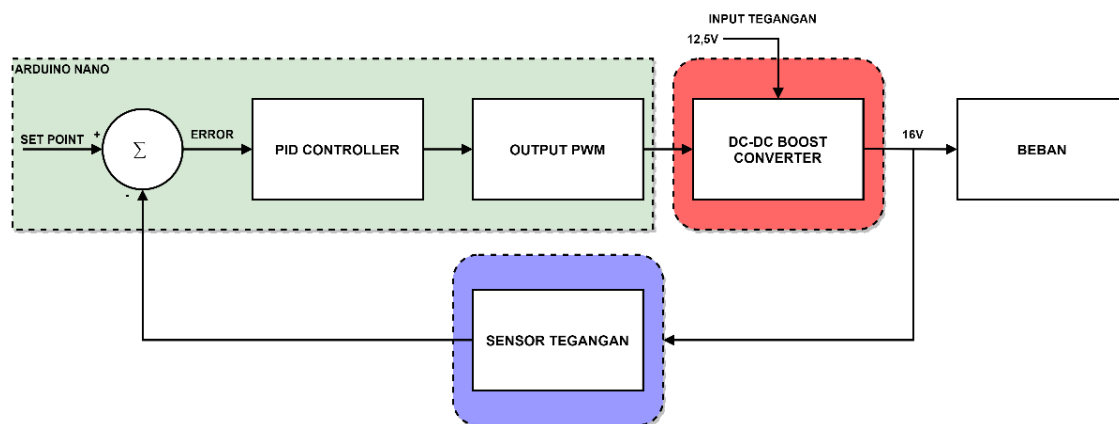
kesalahan sebagai beda antara *set point* yang diinginkan dan variabel proses terukur [14]. Pengendali PID mencoba untuk meminimalkan nilai kesalahan setiap waktu dengan penyetelan *variabel kontrol*, seperti posisi keran kontrol, damper, atau daya pada elemen pemanas, ke nilai baru yang ditentukan oleh penjumlahannya [15]. Persamaan pengendali PID adalah

$$PID = K_p e(k) + K_i T \sum_0^k e(k) + \frac{1}{T} K_d (e(k) - e(k-1)) \quad (1)$$

dengan K_p adalah variabel proporsional, K_i adalah variabel integral, dan K_d adalah variabel derivatif. Ketiga variabel tersebut bernilai positif, menandakan koefisien untuk *term proporsional*, *integral*, dan *derivatif*, secara berurutan atau kendali P, I, dan D. Pada model ini kendali P bertanggung jawab untuk nilai kesalahan saat ini. Contohnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kendali juga besar dan positif, kendali I bertanggung jawab untuk nilai kesalahan sebelumnya. Contoh, jika keluaran saat ini kurang besar, maka kesalahan akan terakumulasi terus menerus, dan pengendali akan merespons dengan keluaran lebih tinggi dan kendali D bertanggung jawab untuk kemungkinan nilai kesalahan mendatang, berdasarkan pada *rate* perubahan tiap waktu [16].

2.3. Desain Sistem DC-DC Boost Converter

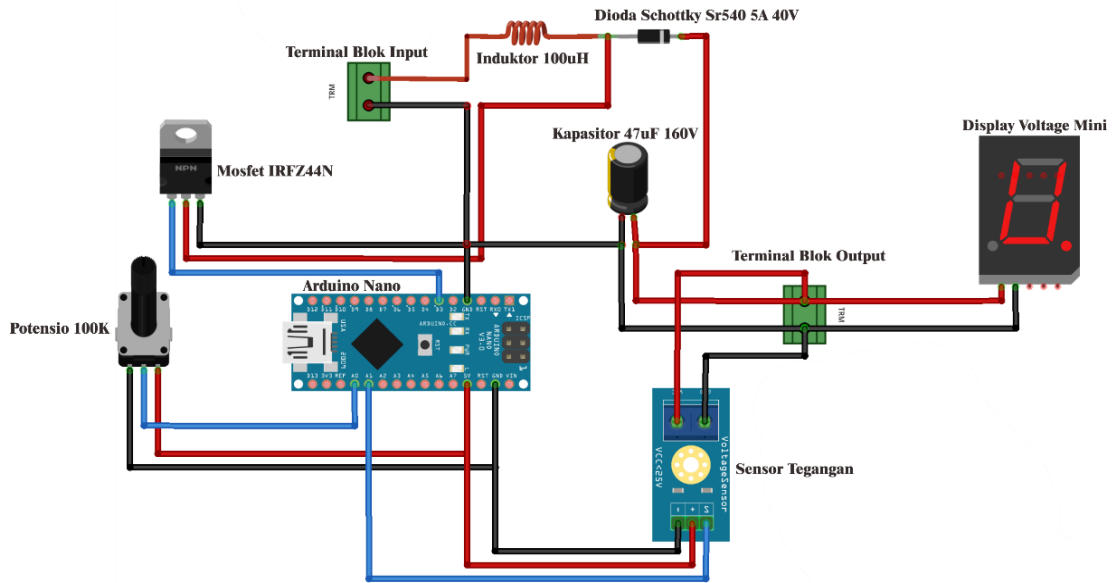
Penelitian ini menggunakan sebuah kendali PID dengan metode *trial and error* untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang sesuai dengan *set point* yang diinginkan. *Boost converter* dirancang agar tegangan keluaran dapat menghasilkan tegangan sebesar 16V yang stabil tanpa tegangan *ripple* [17]. Yang mana untuk tegangan masukan menggunakan tegangan sebesar 12,5V. Diagram blok sistem *boost converter* yang digunakan pada penelitian Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem DC Boost Converter

Proses awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan 2 buah baterai Li-Po 3 cell 12,5V yang dirangkai secara paralel. Tegangan keluaran dari *boost converter* akan menghasilkan nilai sebesar 16V. Tegangan keluaran akan diukur menggunakan sensor tegangan, hasil pengukuran tersebut akan dikirim ke *board* arduino nano untuk diproses. Ketika tegangan keluaran menghasilkan nilai dibawah 16V atau lebih dari 16V maka akan menghasilkan nilai *error*. Untuk memperbaiki nilai *error* agar dapat mencapai tegangan *set point* 16V digunakanlah kendali PID. Dengan cara memasukkan nilai *tuning* parameter k_p , k_i dan k_d pada program PID dengan menggunakan metode *trial dan error*. Setelah mendapatkan hasil parameter yang sesuai, tegangan tersebut akan dialirkan menuju ke beban.

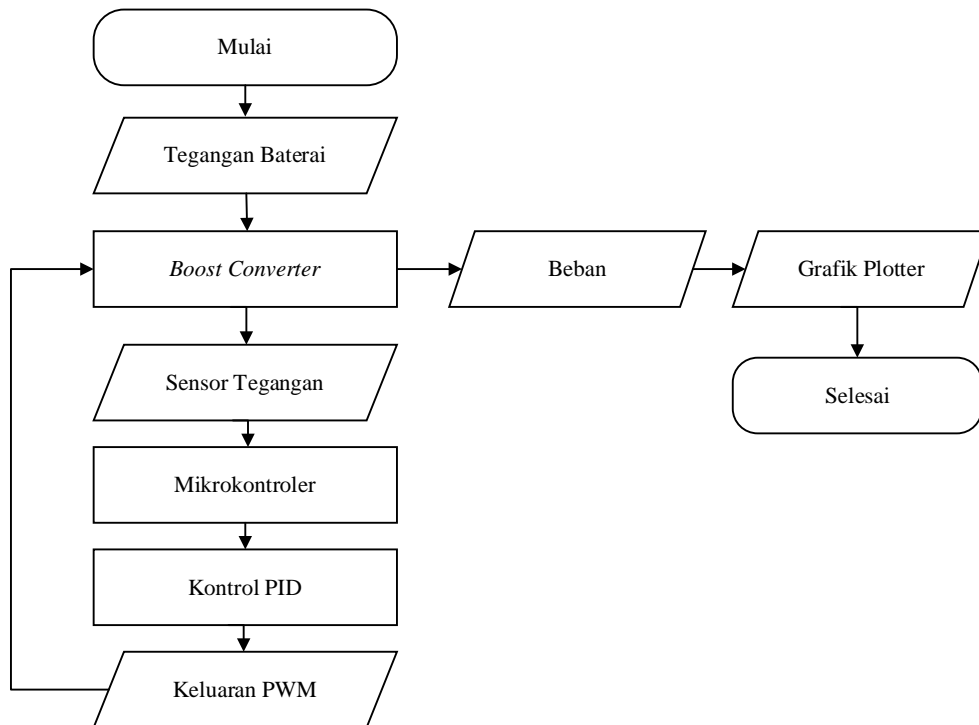
Pada Gambar 3 merupakan *wiring diagram* dari *boost converter*. Untuk komponen yang dipakai membuat alat penelitian *boost converter* dapat dilihat di Gambar 3 Terminal blok *input* adalah tempat memasukkan *socket* dari baterai Li-Po 12,5V, setelah *input* dipasang energi pada baterai akan mengalirkan ke induktor. Ketika mosfet ON dan diode OFF, arus yang mengalir searah jarum jam dari sumber menuju ke induktor (terjadi pengisian arus pada induktor). Polaritas induktor sebelah kiri lebih positif dibanding sebelah kanannya. Ketika mosfet OFF dan diode ON, arus yang disimpan di induktor akan berkurang menyebabkan induktor tersebut melawannya dengan membalik polaritas (lebih negatif di sisi kiri). Sehingga, arus yang mengalir pada dioda dan beban adalah penjumlahan antara arus pada sumber dan arus pada induktor (seri). Di saat yang bersamaan kapasitor juga akan melakukan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan, itulah sebabnya *boost converter* memiliki keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan masukannya.



Gambar 3. Wiring diagram

2.4. Diagram Alir

Untuk diagram alir sistem perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 4. Diagram alir perangkat lunak pada Gambar 4 menjelaskan sistematis alur jalannya dari proses penelitian yang dilakukan. Dimulai dengan memasukkan tegangan baterai yang akan dialirkan menuju ke bagian *boost converter* setelah itu tegangan keluaran dari *boost converter* akan diukur menggunakan sensor tegangan yang akan menghasilkan nilai *error* dan dikirimkan ke mikrokontroler untuk diperbaiki nilai *error* nya menggunakan kendali PID dengan memasukkan parameter k_p , k_i dan k_d dengan metode *trial and error*. Setelah nilai *tuning* parameter telah didapatkan barulah menghasilkan persamaan keluaran PWM, persamaan keluaran PWM akan mengirimkan sinyal yang akan dikirimkan ke *boost converter*. Tegangan keluaran dari *boost converter* sudah menghasilkan keluaran yang stabil yang akan digunakan untuk mencatu beban. Setelah mencatu beban akan muncul grafik *plotter* yang dihasilkan *boost converter* untuk melihat respon tegangan ketika diberi beban.



Gambar 4. Diagram Alir Perangkat Lunak

```
Program Arduino Kendali PID sistem Boost Converter

int potentiometer = A0;
int feedback = A1;
int PWM = 3;
int pwm = 0;
int pwmout = 0;

//Parameter PID
int kp = 5;
int ki = 5;
int kd = 3;
int imax = 10;
int tegangan;
int error, last_error, sp, pv, LOUT, ROUT, out_p,
out_i, out_d, integral, ti = 50;

//kosongkan nilai PID
void reset_pid()
{
error = 0;
last_error = 0;
integral = 0;
pv = 0;
out_p = 0;
out_i = 0;
out_d = 0;
LOUT = 0;
ROUT = 0;
}

void out_pid()
{
out_p = (int)error * kp/25;
out_i = (int)(integral * ki) / ti;
out_d = (int)(error-last_error)*kd/50;

if (error != 0)integral = integral + error;
else integral = 0;
if (out_i > imax)out_i = imax;
if (out_i < -imax)out_i = -imax;
last_error= error;
}
}
```

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian ini menggunakan beberapa variabel yaitu Proses awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan 2 buah baterai Li-Po 3 cell 12.5V yang dirangkai secara paralel. Tegangan keluaran dari *boost converter* akan menghasilkan nilai tegangan sebesar 16V. Tegangan keluaran dari *boost converter* akan diukur menggunakan sensor tegangan, hasil pengukuran yang didapatkan akan dikirim ke *board arduino nano* untuk diproses. Ketika tegangan keluaran menghasilkan nilai tegangan di bawah 16V atau di atas dari 16V maka akan menghasilkan nilai *error*. Untuk memperbaiki nilai *error* agar dapat mencapai *set point* 16V digunakanlah sebuah kendali PID. Langkah awal yang harus dilakukan yaitu dengan cara memasukkan nilai *tuning* parameter kp, ki dan kd pada program PID menggunakan *software arduino IDE* dengan metode *trial and error*. Setelah mendapatkan nilai *tuning* parameter yang sesuai, *boost converter* akan menghasilkan nilai tegangan keluaran sebesar 16V yang akan dialirkan menuju ke beban. Pengujian pertama dengan menggunakan 4 buah beban resistif yang memiliki nilai variatif yaitu 18 Ohm, 20 Ohm, 22 Ohm dan 47 Ohm. Alasan pengujian menggunakan resistor 20W yang memiliki nilai bervariasi karena nilai yang digunakan merupakan representasi beban motor dc PG36 dari robot. Pada pengujian ini akan menggunakan sebuah rangkaian *open loop* atau tanpa *feedback* dan *close loop* atau menggunakan *feedback*. Pengujian kedua dengan menggunakan beban motor DC PG36. Tegangan keluaran dari *boost converter* akan dialirkan menuju *driver motor EMS-30A*. Motor *driver EMS 30A* memiliki 2 buah sisi. Sisi yang pertama yaitu sisi *power* yang mana dicatu oleh tegangan 16V yang didapatkan dari *boost converter* dan sisi yang kedua yaitu sisi *controller* yang dicatu oleh tegangan 5V yang didapatkan dari *arduino due*. Kemudian energi akan dialirkan menuju ke

motor DC PG36. Pada variabel pengujian ini akan membandingkan antara 2 buah baterai Li-Po 3 cell yang dirangkai secara paralel dengan *boost converter* berbasis kendali PID dan menggunakan 1 buah baterai 4 cell tanpa *boost converter*. Serta bagaimana respon daya tahan dan kecepatan yang dihasilkan oleh motor dc PG36 robot terhadap pengujian tersebut.

3.1. Pengujian Beban Resistif Dengan Rangkaian *Open Loop*

Pada pengujian *dc boost converter* dengan beban resistif yang akan diuji menggunakan nilai resistansi yang variatif yaitu 18 Ohm, 20 Ohm, 22 Ohm, dan 47 Ohm dengan menggunakan tegangan *input* dari *power supply* sebesar 12,5V yang mana tegangan tersebut merupakan representasi dari baterai Li-Po robot yang 3 cell. Dari pengujian ini akan didapatkan sebuah respon sistem atau *recovery time* ketika beban sudah dilepas dari *dc boost converter*. Sehingga didapatkan sebuah data pengujian *boost converter* dengan rangkaian *open loop* Tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian beban resistif *boost converter* dengan rangkaian *open loop*

No	Beban (ohm)	Tegangan Keluaran (V)	Recovery Time
1	18	12,34V	0,4 s
2	20	12,37V	0,4 s
3	22	12,39V	0,4 s
4	47	12,53V	0,3 s

Berdasarkan data pengujian beban resistif yang didapatkan sebuah grafik hasil perbandingan besarnya *drop* tegangan dan *recovery time* pada masing-masing beban yang dilakukan secara *open loop* atau tanpa sensor tegangan. Yang mana diketahui ketika terjadi *drop* tegangan merupakan tegangan yang turun ketika diberi sebuah beban. *Recovery time* adalah waktu tempuh tegangan untuk kembali ke *set point* awal. Pada pengujian ini *drop* tegangan yang terjadi paling besar ketika diberikan beban 18 Ohm yang mana *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 3,66V sehingga tegangan *output* yang dihasilkan oleh *boost converter* adalah 12,34V, untuk beban 20 Ohm *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 4,63V *output* yang dihasilkan oleh *boost converter* adalah 12,37V, untuk beban 22 Ohm *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 3,61V *output* yang dihasilkan oleh *boost converter* adalah 12,39V. Sedangkan untuk *drop* tegangan yang terkecil ketika diberikan beban 47 Ohm yang mana *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 3,47V dan *output* tegangan *boost converter* adalah 12,53V.

3.2. Pengujian Beban Resistif Dengan Rangkaian *Close Loop*

Pada pengujian *boost converter* dengan beban resistif yang akan di uji menggunakan nilai resistansi yang variatif yaitu 18 Ohm, 20 Ohm, 22 Ohm, dan 47 Ohm dengan menggunakan tegangan *input* dari *power supply* sebesar 12,5V yang mana tegangan tersebut merupakan representasi dari baterai Li-Po robot yang 3 cell. Langkah awal yang harus dilakukan yaitu mengatur nilai *pwm* (*pulse width modulation*) yang digunakan untuk mencapai *set point* tegangan *output* dari *boost converter* nya menjadi 16V, dengan cara mencari *range* minimum dan maximum pada program. Nilai parameter Kp, Ki dan Kd yang digunakan sehingga menghasilkan nilai *set point* sebesar 16V yaitu Kp=5, Ki=5 dan Kd=3. Untuk nilai *pwm* yang digunakan agar menghasilkan nilai *output* sebesar 16V yaitu 17. Tidak terjadi *error* yang dihasilkan oleh tegangan keluaran. Setelah *boost converter* telah mencapai *set point* 16V, *output* dari *boost converter* akan dikoneksikan dengan beban resistif yang memiliki nilai 18 Ohm, 20 Ohm, 22 Ohm, dan 47 Ohm. Dari pengujian ini akan terlihat nilai *drop* tegangan yang dihasilkan ketika *boost converter* terhubung dengan beban resistif. *Drop* tegangan yang dihasilkan sangat variatif disetiap nilai beban resistif yang digunakan. Dari pengujian ini akan didapatkan sebuah respon sistem atau *recovery time* ketika beban sudah dilepas dari *dc boost converter*. Sehingga didapatkan sebuah data pengujian *boost converter* dengan rangkaian *close loop* pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian beban resistif *boost converter* dengan rangkaian *close loop*

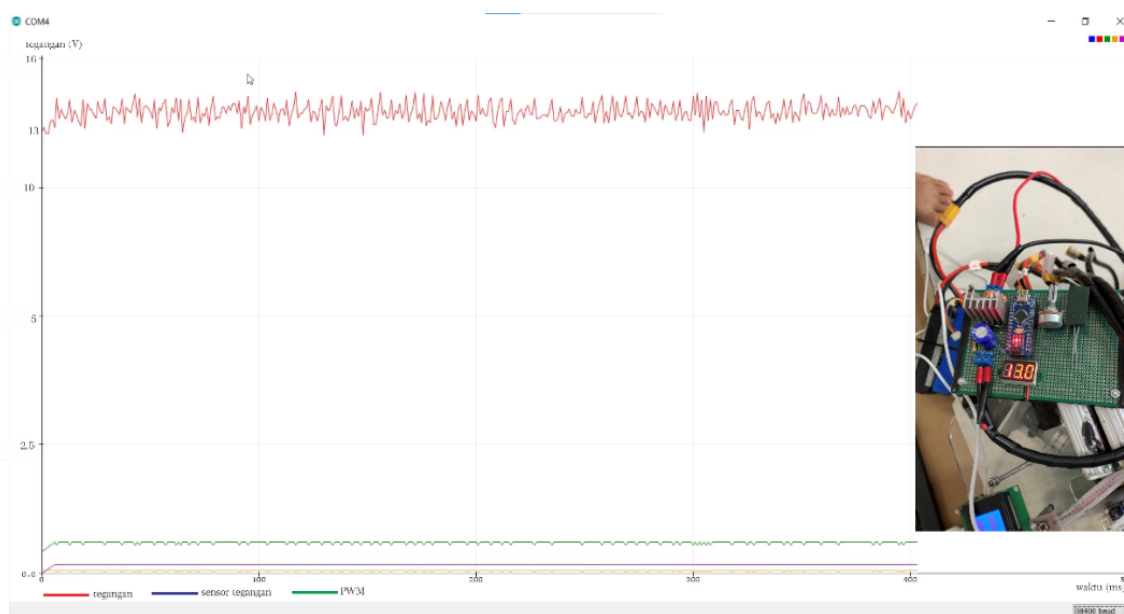
No	Beban (ohm)	Tegangan Keluaran (V)	Recovery Time
1	18	14,2V	12,38S
2	20	14,2V	23,50S
3	22	14,2V	27,81S
4	47	14,4V	31,92S

Berdasarkan data pengujian beban resistif yang didapatkan sebuah grafik hasil perbandingan besarnya *drop* tegangan dan *recovery time* pada masing-masing beban yang dilakukan secara *close loop* atau menggunakan sensor tegangan. Yang mana diketahui ketika terjadi *drop* tegangan merupakan tegangan yang turun ketika diberi sebuah beban. *Recovery time* adalah waktu tempuh tegangan untuk kembali ke *set point*

awal. Pada pengujian ini *drop* tegangan yang terjadi paling besar ketika diberikan beban 18 ohm yang mana *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 2,33V sehingga tegangan *output* yang dihasilkan oleh *boost converter* adalah 14,2V, untuk beban 20 ohm *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 2,33V *output* yang dihasilkan oleh *boost converter* adalah 14,2V, untuk beban 22 ohm *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 2,33V *output* yang dihasilkan oleh *boost converter* adalah 14,2V. Sedangkan untuk *drop* tegangan yang terkecil ketika diberikan beban 47 ohm yang mana *drop* tegangan yang dihasilkan sebesar 2,1V dan *output* tegangan *boost converter* adalah 14,4V. Pada pengujian *boost converter* menerapkan metode PID dengan metode *trial & error*.

3.3. Pengujian 2 Baterai Li-Po 3 Cell Dirangkai Secara Pararel Berbasis Kendali PID Terhadap Respon Robot

Pada pengujian ini akan menggunakan 2 buah baterai Li-Po 3 cell yang dirangkai secara pararel. Baterai Li-Po 3 cell yang digunakan untuk mencatu daya motor DC PG36. Pada pengujian ini didapatkan sebuah grafik *data* kecepatan dan respon tegangan keluaran *boost converter* dengan menggunakan beban dari motor DC PG36, tegangan *input* 2 baterai Li-Po 3 cell yang dirangkai secara pararel berbasis kendali PID. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Respon Tegangan Keluaran Terhadap Motor DC PG36 Dengan *Input* 2 Buah Baterai Li-Po 3 cell Berbasis Kendali PID

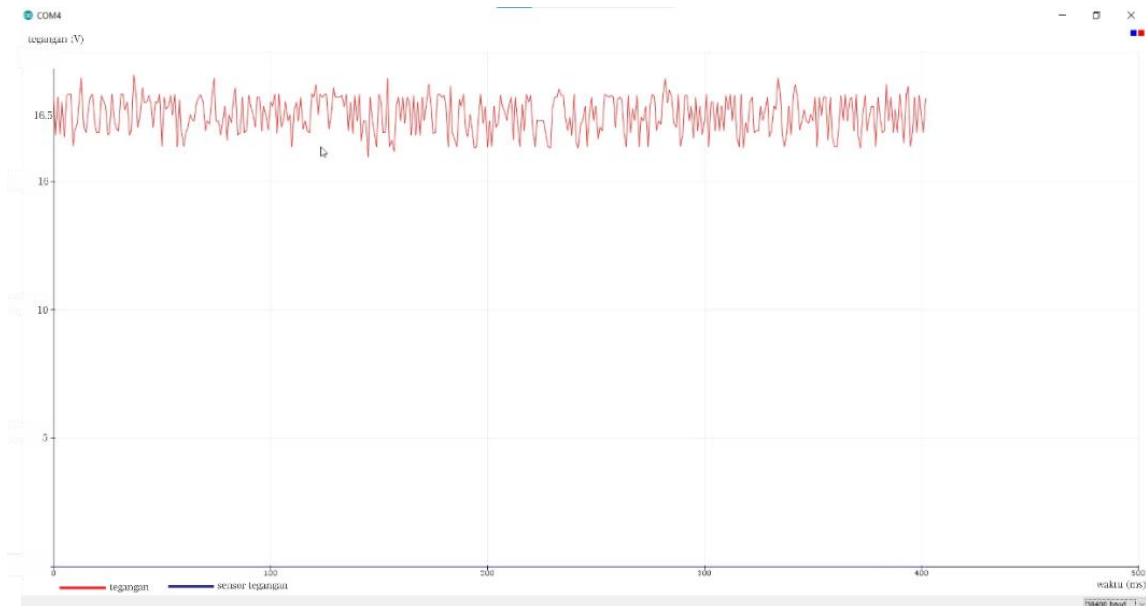
Dari grafik pengujian respon robot pada Gambar 5 dapat dilihat grafik tegangan keluaran dengan menggunakan 2 buah baterai Li-Po 3 cell 3300 mAh yang dirangkai secara pararel dengan *boost converter* berbasis kendali PID. Tegangan *set point* yang digunakan yaitu 16V. Yang mana ketika diberikan beban motor DC PG36 akan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 13V. jadi, *drop* tegangan yang terjadi sebesar 3V. Didapatkan sebuah grafik tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *boost converter* terhadap *input* yang digunakan. Pada grafik di atas mendapatkan *speed* dan tegangan yang lebih kecil dikarenakan menggunakan *boost converter*. Sementara tegangan asli yang digunakan ketika tanpa menggunakan *boost converter* hanya sebesar 12,5V. untuk tegangan dan kecepatan yang dihasilkan lebih stabil dengan kendali PID dibandingkan dengan tanpa menggunakan kendali PID 1 buah baterai Li-Po 4 cell dan baterai yang digunakan pada penelitian ini lebih efisien sehingga membuat daya tahan robot menjadi lebih panjang dalam pertandingan.

3.4. Pengujian 1 Baterai Li-Po 4 Cell Terhadap Respon Robot

Pada pengujian ini akan menggunakan 1 buah baterai Li-Po 4 cell. Baterai Li-Po 4 cell yang digunakan untuk mencatu daya motor DC PG36. Pada pengujian ini didapatkan sebuah grafik *data* kecepatan dan respon tegangan keluaran *boost converter* dengan menggunakan beban dari motor DC PG36, tegangan *input* 1 baterai Li-Po 4 cell.

Dari grafik pengujian respon robot pada Gambar 6 dapat dilihat grafik tegangan keluaran dengan menggunakan 1 buah baterai Li-Po 4 cell 5000 mAh. Tegangan *set point* yang digunakan yaitu 16V. Yang mana ketika diberikan beban motor DC PG36 akan menghasilkan tegangan keluaran yang tetap sebesar 16V. Jadi, tidak terjadi *drop* tegangan yang dihasilkan. Didapatkan sebuah grafik tegangan keluaran yang dihasilkan

oleh baterai Li-Po 4 cell terhadap *input* yang digunakan. Pada grafik di atas mendapatkan *speed* dan tegangan yang lebih besar dikarenakan pada tegangan input yang digunakan tidak menggunakan *boost converter*. Untuk tegangan dan kecepatan yang dihasilkan kurang stabil dibandingkan dengan menggunakan kendali PID 2 buah baterai Li-Po 3 cell yang dirangkai secara paralel dengan *boost converter* dan baterai yang digunakan pada penelitian ini lebih boros sehingga membuat daya tahan robot menjadi lebih pendek dalam pertandingan.



Gambar 6. Grafik Respon Tegangan Keluaran Terhadap Motor DC PG36 Dengan *Input* 1 Buah Baterai Li-Po 4 cell Tanpa Kendali PID

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Hasil penelitian yang didapatkan dengan menggunakan *dc boost converter* berbasis kendali PID pada robot sepak bola beroda mendapatkan hasil tegangan keluaran yang sangat stabil tanpa adanya tegangan ripple tetapi untuk kembali ke *set point* awal cukup lama, tergantung besar nilai beban yang digunakan. Setelah kembali ke *set point* tegangan yang dihasilkan sangat stabil tanpa tegangan *ripple*. Untuk nilai *tuning* parameter yang digunakan sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang stabil yaitu $k_p=5$, $k_i=5$, $k_d=3$. menghasilkan *rise time* di bawah 5 *seconds*, terjadi *overshoot* tegangan sebesar 6V, menghasilkan *settling time* di bawah 3 *seconds*, menghasilkan *steady state error* 0, dan kestabilan sistem meningkat. Tegangan *output* yang dihasilkan ketika beban dilepas terjadi *overshoot* dan osilasi saat proses *recovery time*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk semua yang telah terlibat di penelitian ini. Saya harap penelitian ini dapat bermanfaat untuk banyak orang dan semoga ke depannya dapat dikembangkan lagi, karena penelitian ini jauh dari kata sempurna.

REFERENSI

- [1] I. Irkham, I. Setiawan, and A. Nugroho, "Perancangan Boost Converter Sebagai Suplai Inverter Menggunakan Dspic30F4011 Dengan Metode Kontrol Proporsional Integral," *Transient*, vol. 7, no. 3, p. 737, 2019. <https://doi.org/10.14710/transient.7.3.737-744>
- [2] M. Jamlay and W. M. Faizal, "Dual feedback control dc-dc boost converter menggunakan pi controller," *Inovtek*, vol. 4, pp. 91–97, 2014. <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/IP/article/view/103>
- [3] M. Paul Jeyaraj, M. Senthil Kumar, T. Arun Prasath, S. Muthulakshmi, and S. Aiswariya, "Power factor correction and THD minimization in boost converter with PID controller," *Materials Today: Proceedings*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.327>
- [4] R. Lendyarto, T. Sukmadi, and J. Windarta, "Pengaruh pengaturan boost converter terhadap torsi dan kecepatan motor induksi tiga fase rotor belitan," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 6, no. 4, pp. 657–664, Dec. 2017. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/18797>
- [5] M. M. Anzehaee, B. Behnam, and P. Hajhosseini, "Augmenting ARMarkov-PFC predictive controller with PID-Type III to improve boost converter operation," *Control Engineering Practice*, vol. 79, pp. 65–77, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.07.006>

- [6] M. A. Mazta, A. S. Samosir, and A. Haris, "Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 22–29, 2016. <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/190>
- [7] R. Setiawan and M. Yuhendri, "Implementasi DC-DC Boost Converter Menggunakan Arduino Berbasis Simulink Matlab," *JTEIN*, vol. 1, no. 2, pp. 144–149, 2020. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.64>
- [8] M. A. Assyidiq, B. Winardi, and T. Andromeda, "Perancangan Boost Converter Menggunakan Voltage Feedback Pada Panel Surya," *Transient*, vol. 6, no. 3, p. 404, 2017. <https://doi.org/10.14710/transient.6.3.404-410>
- [9] Z. Jamal, "Implementasi Kendali Pid Penalaan Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler," *J. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 81–88, 2015. <https://jurnal.darmajaya.ac.id/index.php/JurnalInformatika/article/view/410>
- [10] Yuzhu Cheng, Yong Chen and Hongxing Wang, "Design of PID controller based on information collecting robot in agricultural fields," *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 345–348. <https://doi.org/10.1109/CSSS.2011.5974664>
- [11] S. Ekinici and B. Hekimoglu, "Improved Kidney-Inspired Algorithm Approach for Tuning of PID Controller in AVR System," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 39935–39947, 2019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2906980>
- [12] Q. H. Seer and J. Nandong, "Stabilization and PID tuning algorithms for second-order unstable processes with time-delays," *ISA Trans.*, vol. 67, pp. 233–245, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2017.01.017>
- [13] O. Ibrahim, N. Z. Yahaya, and N. Saad, "Comparative studies of PID controller tuning methods on a DC-DC boost converter," *Int. Conf. Intell. Adv. Syst. ICIAS 2016*, pp. 1–5, 2017. <https://doi.org/10.1109/ICIAS.2016.7824044>
- [14] A. S. Bazanella, L. F. A. Pereira, and A. Parraga, "A new method for PID tuning including plants without ultimate frequency," *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 25, no. 2, pp. 637–644, 2017. <https://doi.org/10.1109/TCST.2016.2557723>
- [15] A. Hamed, E. M. Shaban, R. R. Darwish, and A. M. Abdel ghany, "Design and implementation of discrete PID control applied to Bitumen tank based on new approach of pole placement technique," *Int. J. Dyn. Control*, vol. 5, no. 3, pp. 604–613, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40435-015-0199-5>
- [16] H. S. Purnama, T. Sutikno, N. S. Widodo, and S. Alavandar, "Efficient PID Controller based Hexapod Wall Following Robot," *2019 6th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 2019, pp. 91–94. <https://doi.org/10.23919/EECSI48112.2019.8976964>
- [17] S. H. Chincholkar, W. Jiang, and C. Y. Chan, "An Improved PWM-Based Sliding-Mode Controller for a DC-DC Cascade Boost Converter," *IEEE Trans. Circuits Syst. II Express Briefs*, vol. 65, no. 11, pp. 1639–1643, 2018. <https://doi.org/10.1109/TCSII.2017.2754292>

BIOGRAFI PENULIS / AUTHOR BIOGRAPHY



Kevin Adrianto Nugraha menyelesaikan pendidikan sarjana di program studi teknik elektro Universitas Ahmad Dahlan pada tahun 2021.



Tole Sutikno menerima gelar Sarjana Teknik dari Universitas Diponegoro, Indonesia, dan gelar Magister Teknik dari Universitas Gadjah Mada, Indonesia, pada tahun 1999 dan 2004, keduanya di bidang teknik elektro. Gelar Ph. D. diperoleh dari Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia. Sejak 2001, menjadi Dosen di Departemen Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia. Minat penelitiannya meliputi bidang elektronika daya, sistem penggerak motor, dan aplikasi FPGA.