

KENDALI TEGANGAN LUARAN GENERATOR DENGAN BEBAN LAMPU MENGGUNAKAN METODE PROPORSIONAL INTEGRAL DERIVATIF (PID)

Oleh : Bagus Yunanto¹, Imam Syaefudin¹, Puji Rahayu L.¹, Sopyan Adi H.¹, Bambang Supriyo¹, Samuel Beta¹

Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia
E-mail : bagusy@polines.ac.id

Abstrak

Dunia kontrol dan kendali mengalami perkembangan guna membantu suatu proses pada industri. Salah satu contoh perkembangan kontrol dan kendali yaitu kendali PID untuk mengendalikan suatu proses sehingga luarannya dapat stabil. Pengendalian suatu proses yang dilakukan secara konvensional cenderung tidak stabil dan mengakibatkan gagalnya proses tersebut. Tujuan penelitian ini adalah menambah fasilitas Laboratorium Kendali Politeknik Negeri Semarang untuk modul pembelajaran motor generator dengan kendali PID menggunakan NI MyRIO sebagai sistem akuisisi data dan LabView sebagai pemrogram kendali PID guna mendapatkan nilai PID yang benar untuk pengontrol putaran motor sehingga menghasilkan tegangan luaran generator yang stabil dan tidak terpengaruh oleh beban. Parameter kendali PID dicari menggunakan metode pendekatan penalaan manual agar memiliki luaran yang stabil sesuai dengan target. Kinerja kendali yang akan diamati yaitu tegangan berlebih, waktu naik dan eror keadaan stabil. Berdasarkan hasil percobaan tanpa beban nilai target yang paling baik adalah 15V dengan nilai $K_p=17$, $K_i=0,023$, $K_d=0,003$ dengan nilai tegangan berlebih 0V, waktu naik 14,1 detik dan eror keadaan stabil mendekati 0V. Pada percobaan dengan beban nilai target yang paling baik adalah 9V dengan nilai $K_p=28,33$, $K_i=0,025$, $K_d=0,005$, dengan setelah diberi 4 beban gelombang mencapai target kembali. Pada target 12V hanya dapat menaikkan 3 beban dan pada target 15V hanya dapat menaikkan 2 beban. Hal ini dikarenakan daya beban melebihi kemampuan dari pada generator.

Kata Kunci : Kendali PID, NI MyRIO, LabView, motor generator, penalaan manual

Abstract

The world of control and control has developed to help a process in industry. One example of the development of control and control is PID control to control a process so that the output can be stable. Controlling a process that is carried out conventionally tends to be unstable and results in the failure of the process. The purpose of this final project is to add the Semarang State Polytechnic Control Laboratory facilities for a motor generator learning module with PID control using NI MyRIO as a data acquisition system and LabView as a PID control programmer to get the correct PID value for motor rotation controllers so as to produce a stable generator output voltage. and is not affected by the load. PID control parameters are searched using the manual tuning approach method in order to have a stable output according to the target. The control performance to be observed is overvoltage, rise time and error in a stable state. Based on the results of the experiment at no load, the best target value is 15V with a value of $K_p = 17$, $K_i = 0,025$, $K_d = 0.005$ with an overvoltage value of 0V, an increase time of 14,1 seconds and an error in a stable state near 0V. In an experiment with a load the best target value is 9V with a value of $K_p = 21.25$, $K_i = 0,023$, $K_d = 0.003$, after being given 4 waves the load reaches the target again. On target 12V can only increase 3 loads and at 15V target can only increase 2 loads. This is because the load power exceeds the capacity of the generator.

Keyword : PID control, NI myRIO, LabView, motor generator, manual tuning

1. Pendahuluan

Dunia kontrol dan kendali mengalami perkembangan guna membantu suatu proses pada industri. Salah satu contoh perkembangan kontrol dan kendali yaitu kendali PID untuk mengendalikan suatu

proses sehingga luarannya dapat stabil. Pengendalian suatu proses yang dilakukan secara konvensional cenderung tidak stabil dan mengakibatkan gagalnya proses tersebut. Salah satu modul kendali yang dapat digunakan untuk mempelajari

kendali PID yaitu modul motor generator. Tujuan penelitian ini adalah untuk menambah fasilitas Laboratorium Kendali Politeknik Negeri Semarang sebagai modul pembelajaran motor generator dengan kendali PID menggunakan NI MyRIO sebagai sistem akuisisi data dan LabView sebagai pemrogram kendali PID guna mendapatkan nilai PID yang benar untuk pengontrol putaran motor sehingga menghasilkan tegangan luaran generator yang stabil dan tidak terpengaruh oleh beban. Sebelumnya modul motor generator yang sudah ada masih menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai sistem akuisisi data untuk membaca tegangan luaran generator dan mengaktifkan motor penggerak melalui pengendali motor. Namun, penggunaan mikrokontroler tersebut memiliki kelemahan yaitu memiliki kesalahan pembacaan tegangan yang tinggi pada pin masukan analog. Oleh karena itu dibuat modul motor generator menggunakan mikrokontroler NI MyRio yang memiliki spesifikasi lebih baik dibandingkan Arduino.

Pada penelitian ini, NI MyRio digunakan sebagai sistem akuisisi data untuk membaca tegangan luaran generator dan mengaktifkan motor penggerak melalui penggerak motor pada kendali on-off, kendali P, kendali PD, dan kendali PID. Kemudian kinerja kendali yang akan diamati yaitu tegangan berlebih, waktu naik, dan eror keadaan stabil. Perangkat lunak LabView digunakan sebagai pemrogram kendali, mengatur nilai parameter PID, mengeluarkan PWM ke penggerak motor, menukar keadaan beban, menampilkan data berupa grafik dan tabel pada layar komputer.

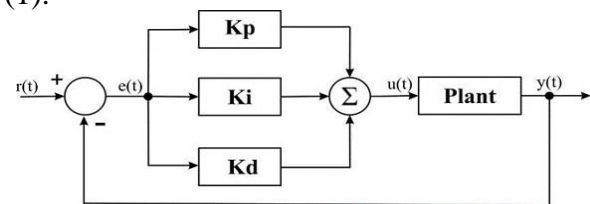
2. Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini menggunakan system control PID. Penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam membuat alat ini diperlukan untuk mempermudah pemahaman tentang cara kerja rangkaian

maupun dasar-dasar perencanaan pembuatan alat.

2.1. PID

Kontroler adalah komponen yang berfungsi meminimasi sinyal kesalahan. Tipe kontroler yang paling populer adalah kontroler PID. Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem. (Wicaksono & Pramudijanto, 2004) Struktur dasar kendali PID dapat dilihat pada Gambar (1).



Gambar 1. Struktur dasar kendali PID

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (Proporsional), D (Derivatif) dan I (Integral), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan (Ali, 2004).

Dengan waktu yang berkelanjutan, sinyal keluaran kontrol PID dapat dirumuskan seperti Persamaan (2.1).

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt - K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$u(t)$ = variabel yang dimanipulasi

$e(t)$ = nilai kesalahan

K_p = penguatan *proportional*

K_i = penguat *integral*

K_d = penguat *derivative*

Hal krusial dalam desain kontroler PID ialah penalaan atau pemberian parameter P, I, dan D agar didapatkan respon sistem yang kita inginkan (Handy Wicaksono, 2004). Penalaan manual merupakan salah

satu metode pendekatan untuk menentukan parameter awal PID. Urutan pada metode penalaan manual yaitu dengan mencari nilai K_p , kemudian K_d dan yang terakhir adalah K_i .

2.2. NI MyRio dan NI LabView

NI-MyRIO (National Instruments MyRIO) adalah sebuah mikrokontroler dimana masukan dan luarannya dapat dikonfigurasi. Alat ini memiliki masukan dan luaran analog, digital I/O audio. NI-myRIO dapat dihubungkan dengan komputer menggunakan USB. MyRIO memiliki 2 expansion port dan satu mini system port. Hal ini memungkinkan para pengguna untuk mendesain kontrol, robot dan juga sistem mekatronik. (Priyade, 2018). MyRio menggunakan LabView untuk membuat aplikasi yang akan menjalankan perangkat keras. MyRIO ditunjukkan pada Gambar (2).



Gambar 2. NI MyRio 1950

2.3. Catu Daya

Power Supply atau catu daya yang digunakan pada penelitian ini adalah *Switch Mode Power Supply* (SMPS) 24V. Catu daya ini merupakan catu daya yang langsung menyearahkan dan menyaring tegangan masukan AC untuk mendapatkan tegangan DC. Bentuk switch mode power supply ditunjukkan pada Gambar (3).



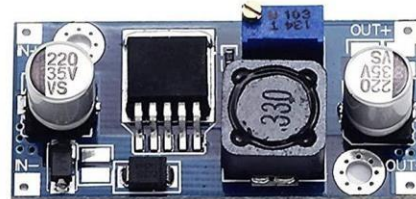
Gambar 3. Switch mode power supply 24 VDC/15A

Pada penelitian ini catu daya SMPS digunakan sebagai sumber tegangan motor

penggerak dan akan diturunkan tegangannya menjadi 5V menggunakan konverter step down regulator DC ke DC untuk mensuplai relai. Bentuk fisik modul LM2596 ditunjukkan pada Gambar (4) dan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi modul LM2596

Tegangan masukan	24V
Tegangan luaran	5V
Arus	3A



Gambar 4. Modul LM2596

2.4. Motor dan Generator

Mesin listrik yang mampu mengubah energi listrik arus searah (listrik DC) menjadi tenaga mekanik disebut motor listrik arus searah. Tenaga mekanik yang diperoleh dari sebuah motor listrik berupa tenaga putar atau rotasi pada rotor. Torsi yang dihasilkan oleh motor listrik dapat digunakan untuk tenaga penggerak suatu alat atau sistem. Motor arus searah atau motor DC mempunyai bentuk konstruksi yang sama dengan generator DC. Motor DC dapat digunakan sebagai generator DC dan sebaliknya, generator DC dapat digunakan sebagai motor DC. Generator DC yang dapat digunakan sebagai motor DC yaitu generator yang menggunakan penyearah mekanik (komutator).

Putaran yang dihasilkan oleh motor DC berasal dari gerakan sebuah kawat berarus yang berada pada suatu medan magnet homogen. Medan magnet berasal dari magnet tetap dengan kutub U dan S, yang diletakkan pada posisi tertentu pada konstruksi motor listrik. Letak masing-masing kutub dan arah aliran arus listrik akan menentukan arah gerakan atau putaran rotor. Kalau sebuah kawat terletak pada medan magnet homogen, karena pada kedua sisi kawat yang berseberangan mengalir arus yang berlawanan arah, maka kawat akan bergerak berputar dengan arah

gerakan lilitan tersebut (Bintoro, 2000, Hal.23-24).



Gambar 5. Motor Generator DC

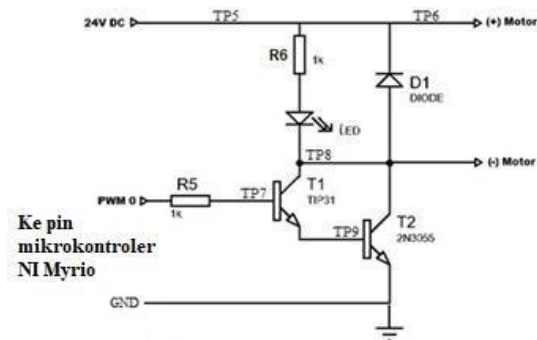
2.5. Rangkaian Penggerak Motor

Rangkaian penggerak motor menggunakan rangkaian transistor darlington yang memiliki resistansi masukan tinggi dan resistansi keluaran rendah. Oleh karena itu, arus luaran pada penguat darlington meningkat dan penguatan arus keseluruhan juga meningkat. Karakteristik tersebut membuat transistor darlington sangat berguna sebagai penguat arus. Penguatan arus dapat dihitung:

$$Penguatan\ arus\ (\beta) = \frac{Arus\ luaran}{Arus\ masukan}$$

(Tomar et al, 2019, hal.201)

Rangkaian penggerak motor ditunjukkan pada Gambar (6).

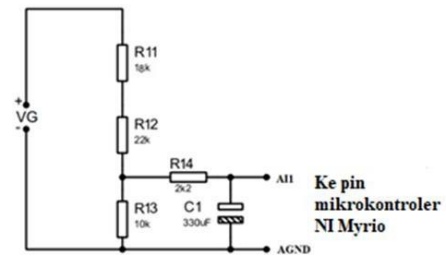


Gambar 6. Rangkaian penggerak motor

2.6. Rangkaian Pengondisi Sinyal

Fungsi rangkaian pengondisi sinyal yaitu untuk mengondisikan sinyal masukan dari generator sebelum masuk ke mikrokontroler MyRIO. Rangkaian pengondisi sinyal digunakan karena tegangan maksimal yang dapat masuk ke MyRIO adalah 10V, sedangkan tegangan luaran dari generator lebih dari 10V sehingga diperlukan penghubung berupa pengondisi sinyal. Rangkaian pengondisi

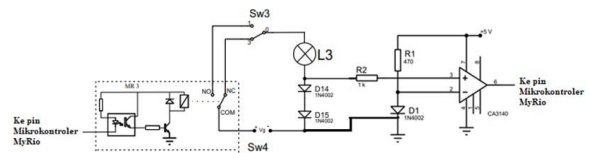
sinyal ditunjukkan pada Gambar (7). Pada penelitian ini pengondisi sinyal yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan.



Gambar 7. Rangkaian pengkondisi sinyal

2.7. NI LabVIEW

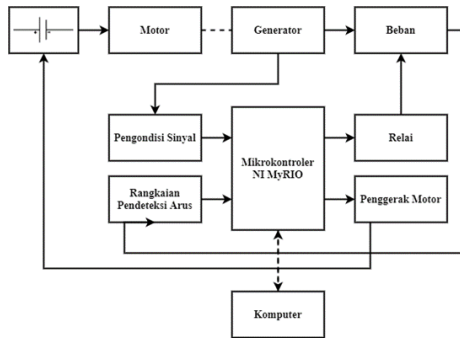
Prinsip pemberian bias pada diode dapat digunakan untuk mendeteksi arus beban dengan memanfaatkan tegangan barrier diode. Tegangan barrier adalah tegangan yang harus dilampaui agar diode bekerja. Pada diode faktual tegangan barrier diode adalah 0,6V-0,7V untuk diode yang terbuat dari bahan silikon. Pada rangkaian pendeteksi arus, tegangan barrier diode akan dibandingkan dengan tegangan referensi di rangkaian komparator. Rangkaian pendeteksi arus ditunjukkan pada Gambar (8).



Gambar 8. Tampilan awal LabVIEW

2.8. Diagram Blok

Alat kendali tegangan luaran generator dirancang dengan beberapa sistem yang terbagi menjadi 4 bagian diantaranya masukan, pemroses, luaran, dan beban. Komponen masukan yang digunakan dalam alat adalah tegangan generator yang sudah melalui rangkaian pengondisi sinyal. Kemudian pada pemroses menggunakan NI MyRIO-1950, pada bagian luaran menggunakan motor DC, dan pada bagian beban menggunakan lampu.



Gambar 9. Diagram blok

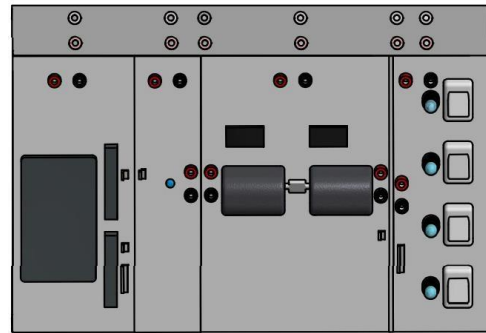
Cara kerja singkat dari blok diagram pada Gambar 9 adalah: Target merupakan masukan dari sistem berupa tegangan yang diinginkan dan luarannya juga berupa tegangan. Luaran dari sistem akan digunakan sebagai umpan balik yang akan dibandingkan dengan target, kemudian didapatkan kesalahan dari tegangan aktual dengan target. Kesalahan ini akan membuat sistem mengendalikan penggerak motor untuk mengaktifkan motor sehingga kesalahan semakin kecil dan didapatkan luaran yang sesuai dengan target. Lampu digunakan sebagai beban luaran generator untuk menguji kinerja sistem yang dapat diaktifkan menggunakan relai atau saklar tukar.

2.9. Tahap Pembuatan Sistem

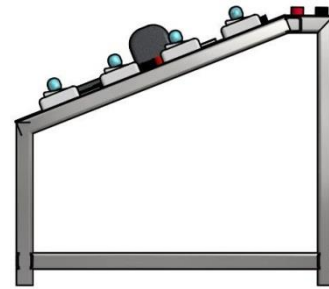
Tahap pembuatan sistem sangat penting akan penempatan dan pemanfaatan serta keefektifan dalam pembuatan alat peraga kendali posisi rotasi. Dalam tahap pembuatan sistem akan dibahas langkah langkah pembuatan alat peraga kendali posisi rotasi dilengkapi dengan proses pemrograman.

1. Pembuatan Perangkat Keras

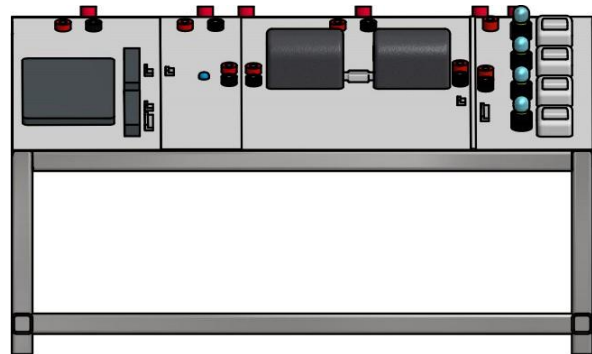
Perancangan perangkat keras berdasarkan diagram blok membutuhkan perangkat papan rangkaian tercetak untuk memudahkan dalam perakitan alat, menyalurkan sumber tegangan, dan menghemat tempat. Selain itu juga pembuatan mekanik untuk rangka dudukan alat kendali tegangan luaran generator ditunjukkan pada gambar (10-12).



Gambar 10. Desain tampak atas



Gambar 11. Desain tampak samping

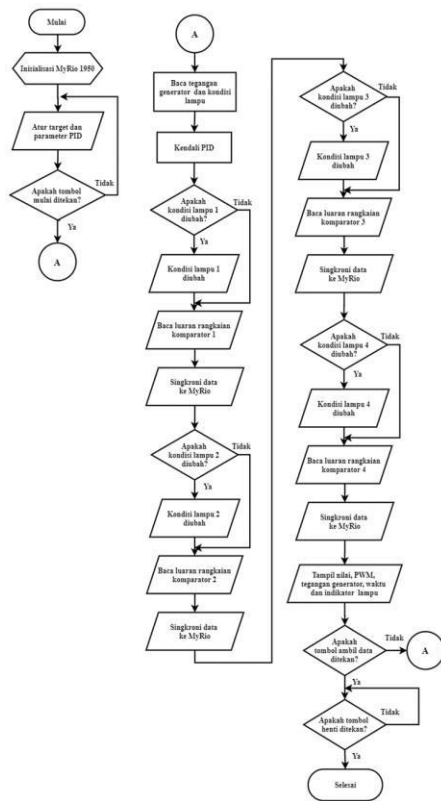


Gambar 12. Desain tampak depan

2. Pembuatan Perangkat Lunak

Proses pembuatan perangkat lunak merupakan proses pembuatan program sistem. Dalam pembuatan program, perangkat lunak yang digunakan adalah perangkat lunak LabView 2019. Perangkat lunak LabView terdiri dari beberapa bagian. Bagian pertama adalah pembuatan program pada blok diagram sebagai pemroses data dan pembuatan tampilan pengoperasian alat pada *front panel* aplikasi LabView 2019. Terdapat beberapa tahapan perancangan perangkat lunak yang digunakan pada perangkat. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program dan memudahkan pembuatan perangkat lunak, maka dibuat diagram alir yang menunjukkan jalannya

program. Diagram alir program ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram alir

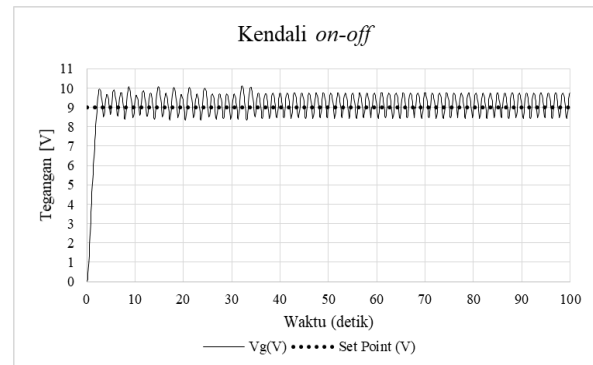
3. Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian alat, kendali on-off, kendali P, kendali PD, dan kendali PID dapat dianalisis dengan meninjau tegangan berlebih, waktu naik dan eror keadaan stabil di setiap kendali yang parameternya dicari dengan menggunakan metode pendekatan manual.

3.1. Percobaan target 9V

1. Kendali On Off

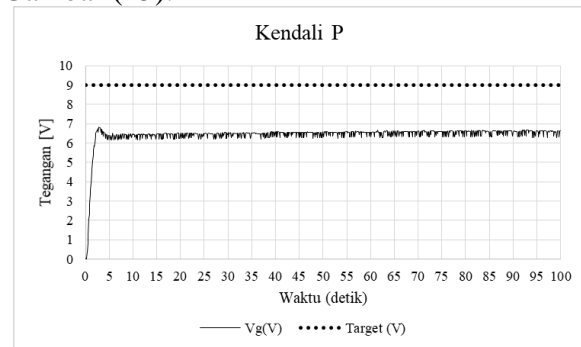
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali on-off menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (14).



Gambar 14. Grafik luaran generator target 9V menggunakan kendali on-off

2. Kendali P

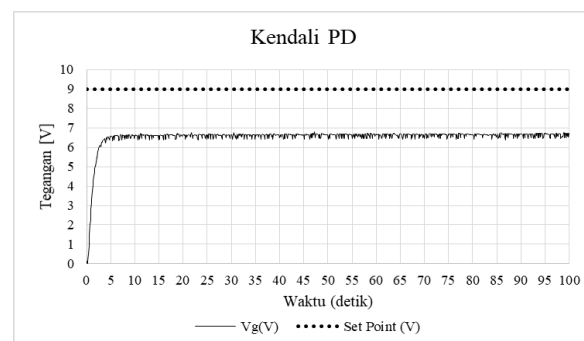
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali P dengan $K_p=28,33$; $K_i=0$; $K_d=0$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (15).



Gambar 15. Grafik luaran generator target 9V menggunakan kendali P

3. Kendali PD

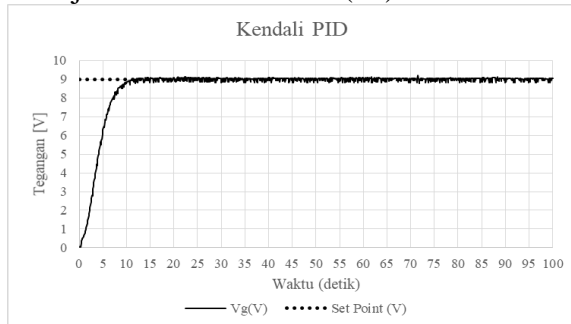
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PD dengan $K_p = 28,33$; $K_i = 0$; $K_d = 0,005$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (16).



Gambar 16. Grafik luaran generator target 9V menggunakan kendali PD

4. Kendali PID Tanpa Beban

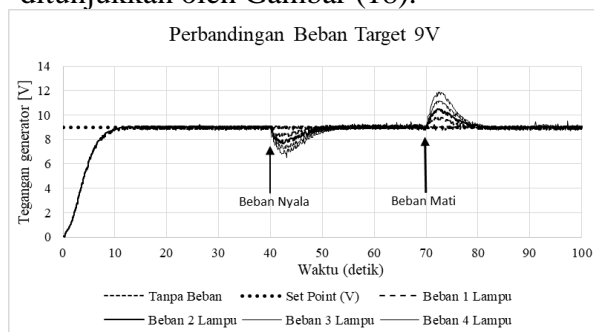
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PID dengan $K_p = 28,33$; $K_i = 0,025$; $K_d = 0,005$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (17).



Gambar 17. Grafik luaran generator target 9V menggunakan kendali PID

5. Uji Coba Kendali PID

Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PID di uji dengan beban berupa lampu berjumlah 4 menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (18).



Gambar 18 Grafik luaran generator target 9V menggunakan kendali PID dengan beban

Kendali *on-off* mampu mengendalikan tegangan luaran generator untuk mencapai target namun kondisi setelah tegangan berlebih tidak stabil dan berfluktuasi diantara 8,4V sampai 9,77V. Kendali P tidak mampu mencapai target hanya mampu mencapai 6,91V kemudian stabil di 6,6V. Kendali PD tidak mampu mengendalikan luaran generator untuk mencapai target, karena hanya mampu mencapai tegangan maksimum 6,63V dan stabil ditegangan tersebut. Kendali PID mampu mengendalikan luaran tegangan generator mencapai target dan bertahan pada posisi tersebut, sehingga eror saat

kondisi stabil cenderung 0V. Kemudian kendali PID di uji dengan beban berupa lampu yang berjumlah 4 buah dengan spesifikasi tegangan kerja 12V 5W mampu mempertahankan luaran tegangan generator sesuai dengan target.

Tabel 2. Perbandingan kendali

Kendali	Waktu Naik	Tegangan Berlebih	Posisi Aktual Saat Stabil	Error Keadaan Stabil
on-off	2,5 detik	0,97V	8,4 – 9,7V	0,6V – 0,7V
P	2,8 detik	0,31V	6,6V	2,4V
PD	4,9 detik	0V	6,63V	2,37V
PID tanpa beban	11,8detik	0V	9V	0V

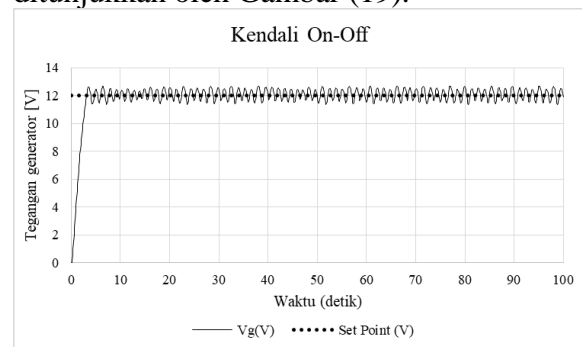
Tabel 3. Uji coba kendali PID dengan beban

Beban	Tegangan Generator Pada Kondisi Stabil
1 Lampu	9V
2 Lampu	9V
3 Lampu	9V
4 Lampu	9V

3.2.Percobaan target 12V

1. Kendali On Off

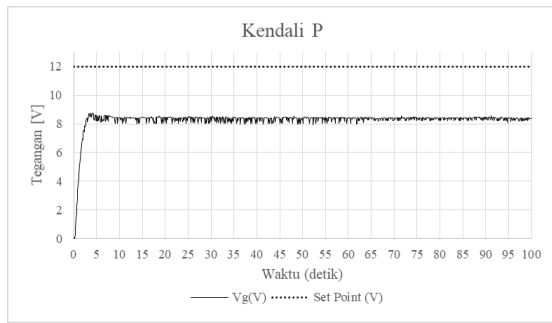
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali on-off menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (19).



Gambar 19. Grafik luaran generator target 12V menggunakan kendali on-off

2. Kendali P

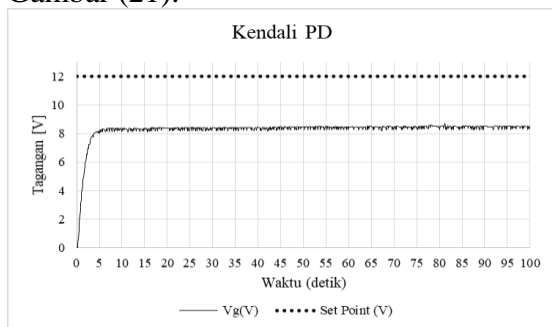
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali P dengan $K_p=21,25$; $K_i=0$; $K_d=0$; menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (20).



Gambar 20. Grafik luaran generator target 12V menggunakan kendali P

3. Kendali PD

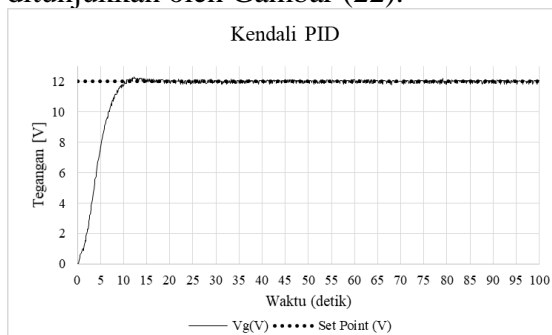
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PD dengan $K_p=21,25$; $K_i=0$; $K_d=0,006$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (21).



Gambar 21. Grafik luaran generator target 12V menggunakan kendali PD

4. Kendali PID Tanpa Beban

Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PID dengan $K_p=21,25$; $K_i=0,025$ $K_d=0,006$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (22).

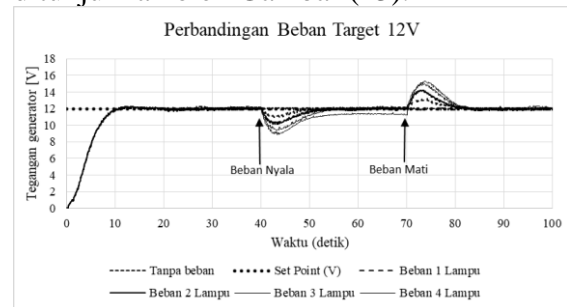


Gambar 22. Grafik luaran generator target 12V menggunakan kendali PID

5. Uji Coba Kendali PID

Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PID di uji dengan

beban berupa lampu berjumlah 4 menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (23).



Gambar 23. Grafik luaran generator target 12V menggunakan kendali PID dengan beban

Kendali *on-off* mampu mengendalikan tegangan luaran generator untuk mencapai target namun kondisi setelah tegangan berlebih tidak stabil, dan berfluktuasi diantara 11,35V-12,67V. Kendali P tidak mampu mencapai target namun hanya mampu mencapai 8,76V kemudian stabil di tegangan 8,4V. Kendali PD tidak mampu mengendalikan luaran generator untuk mencapai target hanya mampu mencapai tegangan 8,4V dan stabil ditegangan tersebut. Kendali PID mampu mengendalikan luaran tegangan generator mencapai target dan bertahan pada posisi tersebut, sehingga eror saat kondisi stabil cenderung 0V. Kemudian kendali PID di uji dengan beban berupa lampu yang berjumlah 4 buah dengan spesifikasi tegangan kerja 12V5Watt. Ketika 1-3 beban dinyalakan, tegangan turun dan mampu kembali ke target. Namun pada saat 4 beban dinyalakan bersama, tegangan luaran generator tidak mampu kembali ke target dan stabil pada tegangan 11,35V. Hal ini dikarenakan jumlah daya beban melebihi kemampuan generator.

Tabel 4. Perbandingan kendali

Kendali	Waktu Naik	Tegangan Berlebih	Posisi Aktual Saat Stabil	Eror Keadaan Stabil
<i>on-off</i>	3,5 detik	0,63V	11,35V – 12,67V	0,65V – 0,67V
P	3,8 detik	0,25V	8,4V	3,6V
PD	4,3 detik	0V	8,4V	3,6V
PID tanpa beban	10,2 detik	0V	12V	0V

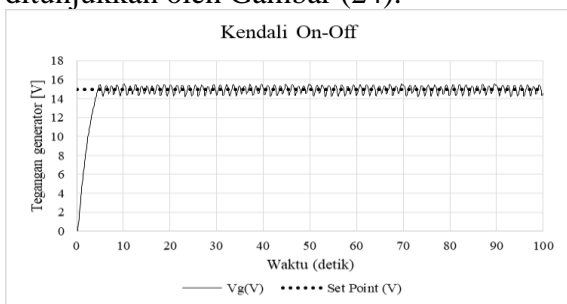
Tabel 5. Uji coba kendali PID dengan beban

Beban	Tegangan Generator Pada Kondisi Stabil
1 Lampu	12V
2 Lampu	12V
3 Lampu	12V
4 Lampu	11,35V

3.3. Percobaan target 15V

1. Kendali *On Off*

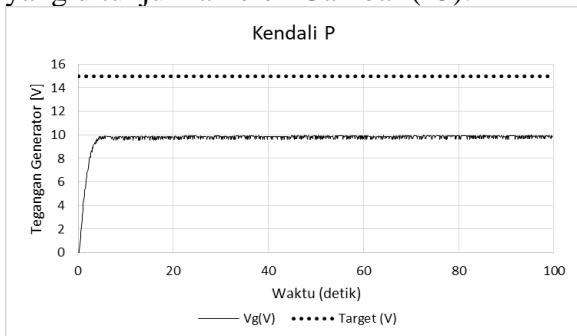
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali on-off menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (24).



Gambar 24. Grafik luaran generator target 15V menggunakan kendali on-off

2. Kendali P

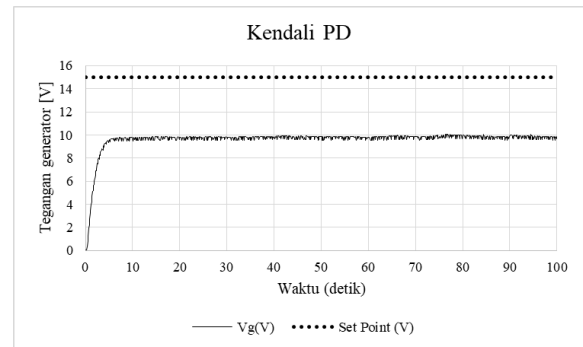
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali P dengan $K_p=17$; $K_i=0$; $K_d=0$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (25).



Gambar 25. Grafik luaran generator target 15V menggunakan kendali P

3. Kendali PD

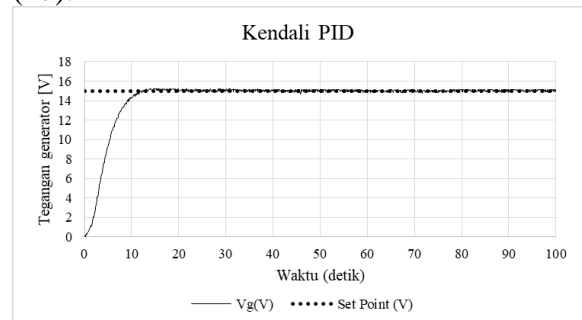
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PD dengan $K_p=17$; $K_i=0$; $K_d=0,003$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (26).



Gambar 26. Grafik luaran generator target 15V menggunakan kendali PD

4. Kendali PID Tanpa Beban

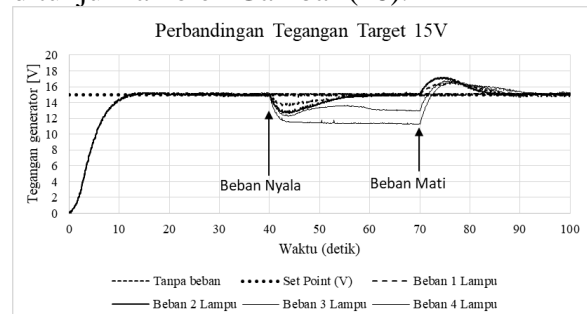
Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PID dengan $K_p=17$; $K_i=0,023$; $K_d=0,003$ menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (27).



Gambar 27. Grafik luaran generator target 15V menggunakan kendali PID

5. Uji Coba Kendali PID

Kendali tegangan luaran generator menggunakan kendali PID di uji dengan beban berupa lampu berjumlah 4 menghasilkan grafik luaran yang ditunjukkan oleh Gambar (28).



Gambar 28. Grafik luaran generator target 15V menggunakan kendali PID dengan beban

Kendali on-off mampu mengendalikan tegangan luaran generator untuk mencapai

target namun kondisi setelah tegangan berlebih tidak stabil dan berfluktuasi diantara 14,34V-15,55V. Kendali P tidak mampu mencapai target hanya mampu mencapai 9,88V dan kemudian stabil di 9,83V. Kendali PD tidak mampu mengendalikan luaran generator untuk mencapai target hanya mampu mencapai tegangan 9,83V dan stabil ditegangan tersebut. Kendali PID mampu mengendalikan luaran tegangan generator mencapai target dan bertahan pada posisi tersebut, sehingga eror saat kondisi stabil cenderung 0V. Kemudian kendali PID di uji dengan beban berupa lampu yang berjumlah 4 buah dengan spesifikasi tegangan kerja 12V5Watt. Ketika 1-2 beban dinyalakan, tegangan turun dan mampu kembali ke target. Namun pada saat 3 dan 4 beban dinyalakan bersama, tegangan luaran generator tidak mampu kembali ke target dan stabil pada tegangan 13,04V untuk 3 beban dan 11,34V untuk 4 beban. Hal ini dikarenakan jumlah daya beban melebihi kemampuan generator.

Tabel 6. Perbandingan kendali

Kendali	Waktu Naik	Tegangan Berlebih	Posisi Aktual Saat Stabil	Eror Keadaan Stabil
on-off	4,9 detik	0,26V	14,34V – 15,55V	0,66V – 0,55V
P	5,3 detik	0,05V	9,83V	2,17V
PD	6,8 detik	0V	9,83V	2,17V
PID tanpa beban	14,1 detik	0V	15V	0V

Tabel 7. Uji coba kendali PID dengan beban

Beban	Tegangan Generator pada Kondisi Stabil
1 Lampu	15V
2 Lampu	15V
3 Lampu	13,04V
4 Lampu	11,34V

4. Kesimpulan

Dari pelaksanaan penelitian “Kendali Tegangan Luaran Generator dengan Beban Lampu Menggunakan Metode

Proporsional Integral Derivatif (PID)”, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Cara menentukan parameter PID menggunakan metode penalaan manual yang pertama yaitu dengan menetapkan nilai Kd dan Ki ke nol, kemudian tetapkan Kp dengan cara membagi target dengan 255 (resolusi pwm NI MyRIO). Nilai Kd ditambahkan untuk menghilangkan tegangan berlebih dan nilai Ki untuk menghilangkan eror keadaan stabil.
- b. Tegangan berlebih, waktu naik dan eror keadaan stabil merupakan kriteria yang digunakan untuk menilai Kinerja kendali proporsional integral derivatif (PID). Tegangan berlebih, waktu naik dan eror keadaan stabil juga digunakan untuk menilai kinerja kendali on-off, kendali P, serta kendali PD.
- c. Kendali PID merupakan kendali yang paling bagus dibandingkan dengan kendali on-off, kendali P dan kendali PD. Target 9V menggunakan parameter Kp = 28,33, Ki = 0,025 dan Kd = 0,005 dengan hasil luaran generator yang menunjukkan tegangan berlebih = 0, waktu naik = 11,8 detik dan eror keadaan stabil = 0. Target 12V menggunakan parameter Kp = 21,25, Ki = 0.025 dan Kd = 0,006 dengan hasil luaran generator yang menunjukkan tegangan berlebih = 0, waktu naik = 10,2 detik dan eror keadaan stabil = 0. Target 15V menggunakan parameter Kp = 17, Ki = 0.023 dan Kd = 0,003 dengan hasil luaran generator yang menunjukkan tegangan berlebih = 0, waktu naik = 14,1 detik dan eror keadaan stabil = 0.

DAFTAR PUSTAKA

- Allu, N., & Toding A. (2018). Sistem Kendali Matlab. Yogyakarta: Deepublish Sleman. Hal.153
- Bintoro, A. G. (2000). Dasar-Dasar Pekerjaan Las. Yogyakarta: Kanisius Yogyakarta.

- Ali, M. (2004). Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol Pid Dengan Software Matlab. *Jurnal Edukasi@Elektro*, 1(Oktober), 1–8.
- Listiyarini, Ratih. (2018) *Dasar Listrik dan Elektronika*. Deepublish.
- Bintoro, A. G. (2000). *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Yogyakarta: Kanisius Yogyakarta. Hal.22-23
- Handy Wicaksono. (2004). Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(September), 70–78.
- Hanggar, S., & Effendie, R. (2012). Perancangan dan Implementasi Kontroler Pid untuk Pengendalian Tegangan pada Generator Set. *Jurnal Teknik POMITS*, 1, 1–5. <http://digilib.its.ac.id>.
- Tomar , G.S. & Bagwari, A. (2019). *Fundamentals of Electronic Devices and Circuits*. Springer Nature. Hal.201