

Purwarupa Pengaturan Kecepatan Generator DC Pembangkit Listrik *Picohydro* Berbasis PID

Dwi Aryadi Sudibya Sihombing

Aryass69@gmail.com
Universitas Jember

Widyono Hadi

widyono@unej.ac.id
Universitas Jember

Bambang Sri Kaloko

bambangsk@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Penelitian ini memakai PID untuk mengendalikan arah putaran motor DC pada kran pipa air untuk mengatur debit air. Tanpa pengontrol memiliki osilasi, karena sistemnya nonlinier. Dikendalikan oleh fungsi adalah cara terbaik untuk sistem nonlinear. PID adalah pilihan terbaik untuk mencapai tugas. Nilai K_p 20 nilai K_i 10 dan nilai K_d adalah 1. Ketika tegangan kurang dari 12V, PID merespon menaikkan tegangan, data yang dikirim pada relay channel satu adalah 0 dan 1 pada relay channel dua. Relay channel satu tetap NC, relay channel dua semula NC menjadi NO sehingga motor berputar kekiri hingga tegangan 12V maka PID berhenti. Apabila tegangan lebih 12V, PID merespon menurunkan tegangan. Data yang dikirim pada relay channel satu adalah 1 dan 0 pada relay channel dua. Relay channel satu NC menjadi NO, relay channel dua tetap NC sehingga motor berputar kekanan. Respon PID berbanding terbalik dengan tegangan.

Kata Kunci — PID, Relay

Abstract

The study used PID to control the direction of dc motor spin on faucets to regulate water. No controller has oscillations, because the system is nonlinear. Controlled by functionality is the best way for nonlinear systems. PID is the best choice for achieving tasks. K_p 20 K_i 10 and K_d 1. When the voltage is less than 12V, pid responds to increase voltage, logic on relay channel one is 0 and 1 on relay channel two. Channel one relay NC, relay channel two NC to NO so the motor rotates to the left up to voltage 12V then PID stops. When the voltage is more than 12V, pid responds to lower the voltage. logic relay channel one is 1 and 0 on the relay channel two. Relay channel one NC becomes NO, relay channel two NC, so the motor rotates to the right. PID response is inversely proportional to voltage.

Keywords — PID, Relay

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini masalah untuk pembangkit listrik picohidro adalah suplai air dan beban konsumen yang tidak sesuai. Karena adanya masalah tersebut dikhawatirkan pembangkitan energi listrik tidak dapat mencukupi daya yang diperlukan oleh konsumen. Dengan sistem pengaturan suplai debit air

sesuai dengan daya yang akan dibangkitkan yang merujuk pada beban yang sedang digunakan. Maka dari itu pada penelitian ini memakai kendali PID untuk mengendalikan arah putaran motor DC yang diletakkan pada kran pipa air agar dapat mengatur debit air yang digunakan. Karena aliran air dalam *picohydro* meningkat atau berkurang tergantung pada suplai air dari keran air, kemungkinan gangguan lebih besar. Jadi untuk membuat kesalahan minimal Proportionality - Integration - Derivative controller digunakan dalam kontrol governor. Pengendali PID ini adalah parameter D bereaksi cepat terhadap perubahan input ke controller, parameter I mengarahkan nilai kesalahan ke nol dengan meningkatkan sinyal kontrol dan parameter P mengambil tindakan yang sesuai untuk mengendalikan kesalahan. Parameter ini membantu menentukan perubahan kecepatan air dari nilai pengenalnya sehingga menerapkan mekanisme kontrol untuk membuat kecepatan konstan dan menghilangkan osilasi. Stabilitas sistem ditingkatkan oleh Derivatif yang memungkinkan peningkatan nilai gain K dan juga menghilangkan konstanta waktu integral, sehingga kecepatan respons pengontrol meningkat. Sinyal ini diperkuat dan arus listrik ditransmisikan ke motor servo untuk menghasilkan gerakan yang sebanding dengan sinyal input. Sensor posisi melaporkan status aktual motor. Posisi ini dibandingkan dengan nilai input. Kecepatan kontrol menghindari panas sistem, meminimalkan kerugian dan juga menjaga suplai daya sesuai beban konsumen [1].

Peran utama dari parameter PID adalah K_p atau parameter proposional mempercepat kecepatan respons sistem dan meningkatkan akurasi pengaturan sistem. K_i atau Parameter integral peran K_i adalah untuk menghilangkan kesalahan sistem. Semakin besar nilai K_i , semakin cepat kesalahan statis sistem akan dihapus. K_d atau parameter diferensial adalah untuk meningkatkan kinerja dinamis sistem. Jika nilai K_d terlalu besar, proses respons akan direm di muka, yang akan memperpanjang waktu penyesuaian sistem dan mengurangi kinerja anti-gangguan sistem. nilai K_p dapat mempercepat kecepatan penyesuaian. ketika koefisien integral besar, overshoot sistem kurva respons juga besar, dan waktu yang diperlukan untuk kurva respons untuk mencapai nilai stabil juga relatif panjang [2].

Desain kontroler PID untuk motor DC kontrol posisi sudut yang membuka dan menutup hidrolis pompa pada kendaraan segala medan (ATV) disajikan. Sistem posisi sudut motor DC

biasanya dikontrol oleh kontrol derivatif integral proporsional (PID) algoritma dengan koefisien PID disetel untuk mengoptimalkan operasi. Tujuan pengontrol PID dalam suatu posisi sistem kontrol adalah mempertahankan posisi set-point pada waktu tertentu dan dapat menerima nilai set-point baru secara dinamis. Untuk menerapkan kontroler PID KP keuntungan proporsional, gain integral KI dan keuntungan derivatif KD harus ditentukan dengan hati-hati. mengendalikan motor DC tanpa menggunakan pengontrol PID akan memberikan beberapa osilasi dalam sinyal dan karena sistemnya nonlinier, dikendalikan oleh fungsi adalah cara terbaik untuk mengendalikan sistem nonlinear dan PID controller adalah pilihan terbaik untuk mencapai tugas ini [3][4].

II. METODE PENELITIAN

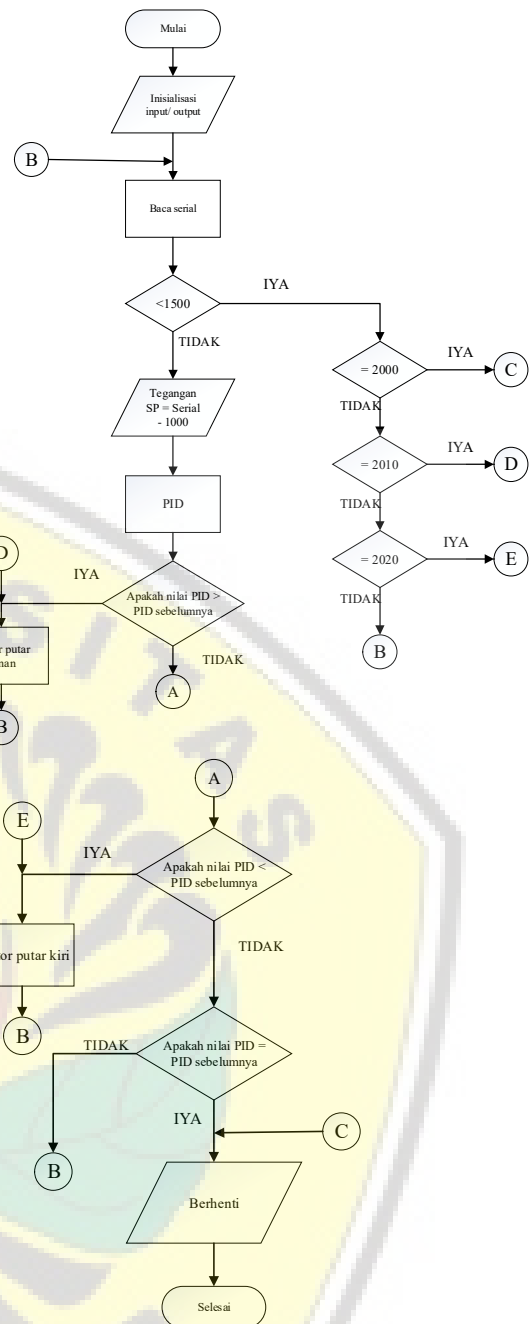
Dengan menggunakan beberapa alat dan bahan. Pada hardware yang digunakan yaitu generator DC 500W 1500rpm sebagai genrator dari PLTPH, stop keran berukuran satu setengah dim, kemudian pipa dan selang untuk mengalirkan air ke stop keran. Pada sistem kendalinya menggunakan dua sensor yaitu sensor tegangan dan sensor arus ACS712. Untuk pengendali menggunakan arduino R3. Untuk penggerak stop keran sendiri menggunakan motor dc sistem power window. Sumber yang digunakan untuk motor dc menggunakan accu 5A. Kemudian relay dua channel digunakan sebagai driver dari motor dc. Pada bagian software yang digunakan yaitu program arduino.

Rancangan dari “Prototype Pengaturan Kecepatan generator DC Pembangkit Listrik Pycydro Kendali PID” tersusun atas diagram alir sistem, blok diagram sistem, desain mekanik, dan desain sistem.

A. Diagram Alir Sistem

Diagram alir seistem menjelaskan tentang alur dari kerja sistem secara runtut atau berurutan dari awal mula sistem hingga sistem berakhir. Berikut ini merupakan diagram alir (Flow Chart) dari penelitian tentang *Prototype* Pengaturan Kecepatan generator DC Pembangkit Listrik Pycydro Kendali PID.

Pada Gambar 1 adalah gambar dari diagram alir pada sistem, yang pertama mulai kemudian insialisasi data masukan dan data keluaran, akan di proses baca serial, ketika serial lebih dari 1500 maka sistem akan menjalankan secara manual. Bila serial diberi nilai 2000 maka motor akan berhenti, apabila serial diberi nilai 2010 maka motor putar kanan dan keran akan menutup, dan apabila serial 2030 maka motor putar kiri. Apabila serial dibawah 1500 maka dilanjutkan membaca nilai *set point*. Masukan nila *set point* tegangan pada penelitian digunakan nilai *set point* sebesar 12V. Kemudian PID mulai proses agar tegangan yang dikeluarkan sebesar 12V. Ketika awal tegangan 0V maka nilai PID akan naik. Ketika nilai PID lebih besar dari pada sebelumnya maka motor akan putar kiri untuk membuka keran air. Ketika nilai PID lebih kecil dari nilai sebelumnya maka motor akan putar kanan untuk menutup keran air. Dan apabila nilai PID tidak berubah atau sama dengan sebelumnya maka motor akan tetap diam.

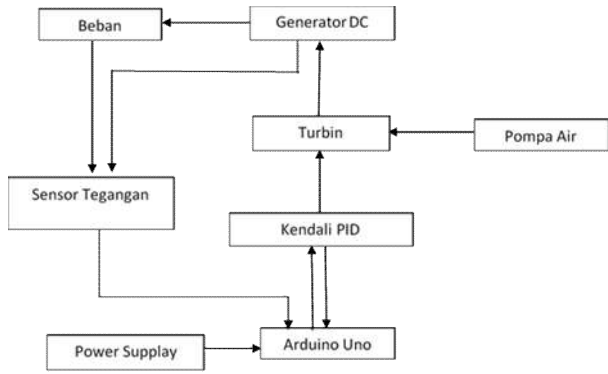


Gbr. 1 Diagram Alir Sistem

B. Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok sistem menjelaskan hubungan antara komponen penyusunnya yaitu generator DC, turbin air, pompa air, kendali PID, arduino uno R3, sensor tegangan power supply dan beban.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa sistem menggunakan kendali PID dengan memanfaatkan umpan balik dari sensor, sehingga membuat respon sistem peka terhadap perubahan nilai *set point* yang ditentukan pada proses pembangkitan.

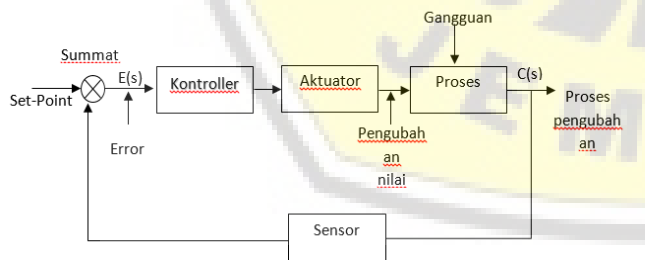


Gbr. 2 Diagram Blok Sistem

Sistem ini juga dapat mengambil aksi perbaikan terhadap suatu gangguan setelah gangguan tersebut mempengaruhi nilai dari prosesnya. Turbin akan disiram air dari pompa air sehingga turbin berputar dan generator DC menghasilkan daya yang menyalakan beban. Keluaran dari generator juga dibaca oleh sensor tegangan dan di terima oleh arduino uno R3. Kendali PID akan merespon keluaran yang di baca dari sensor tegangan kemudian akan diambil keputusan oleh kendali PID berupa keluaran tegangan yang menyalakan motor DC yang terhubung pada stop keran air. Stop keran air yang terdapat dalam mekanik turbin dapat mengatur keluarnya air yang diperlukan.

C. Diagram Blok Kontrol

Pada diagram blok kontrol menunjukkan bahwa penelitian ini menggunakan kendali loop tertutup dengan memanfaatkan umpan balik dari sensor, sehingga membuat respon sistem peka terhadap perubahan internal pada parameter sistem dan gangguan eksternal. Sistem ini juga dapat mengambil aksi perbaikan terhadap suatu gangguan setelah gangguan tersebut mempengaruhi nilai dari prosesnya. Sistem kendali PID ini mengendalikan keluaran debit air agar sesuai dengan yang diinginkan. Dan berfungsi untuk memperbaiki respon dan waktu memulihkan terhadap gangguan.



Gbr. 3 Diagram Blok Kontrol

D. Sistem Mekanik

Pada desain mekanik ini akan membahas mengenai desai turbin yang akan digunakan pada pembangkit listrik tenaga air

skala *picohydro* yang akan digunakan. Dan pada subbab ini akan membahas tentang desain mekanik sistem yang akan membahas tentang keseluruhan sistem dan cara kerja dari sistem yang akan digunakan.

Pada Gambar 4. merupakan gambar dari mekanik pembangkit listrik tenaga pycohydro. Pada turbin terdapat tiga belas sirip turbin yang menampung air agar turbin dapat berputar. Setiap sirip turbin berukuran panjang 15cm, lebar 8cm, dan tinggi cekungan 5cm. Jarak sirip turbin satu ke sirip trubin lain adalah 15cm. Puli yang terdapat pada sisi turbin berukuran diameter 62cm yang dihubungkan dengan van belt pada puli banding dengan diameter 32cm. Puli dengan diameter 32cm dihubungkan satu poros dengan puli berdiameter 18cm dan puli berdiameter 18cm dihubungkan pada puli generator yang berdiameter 8cm.

Pada Gambar 5 merupakan gambar hubungan antara keran air dan motor dc sistem power window. Pada Sistem penggerak yang akan dikendalikan, Keran air dihungkan pada motor dengan menggunakan gear. Ketika motor dc berputar kiri maka gear pada keran air akan berputar kekanan sehingga keran air semakin menutup dan supply air pada turbin semakin sedikit. Ketika motor dc berputar kekanan maka gear pada keran air akan berputar kekiri sehingga keran air akan semakin terbuka dan supply air pada turbin semakin banyak.



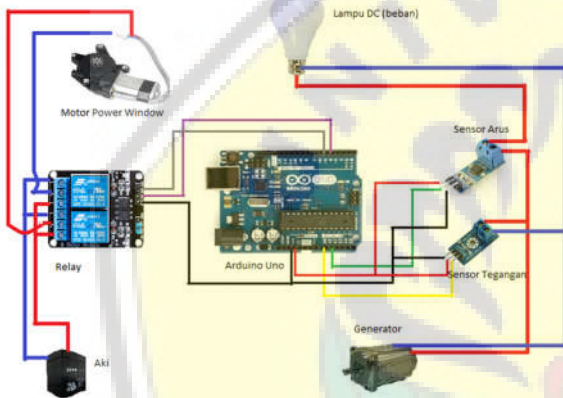
Gbr. 4 Mekanik PLTPH



Gbr. 5 Penggerak Kran Air

E. Sistem Keseluruhan

Pada gambar 6 menunjukkan sistem keseluruhan dari Prototype Pengaturan Kecepatan Generator DC Pembangkit Listrik *Picohydro* kendali PID. Keluaran dari generator dihubungkan paralel pada sensor tegangan dan dihubungkan seri pada sensor arus kemudian dihubungkan pada beban. Keluaran pada sensor tegangan dihubungkan pada pin A0 arduino uno dan pin (+) pada sensor tegangan dihubungkan pada pin 5v arduino uno. Pin (-) pada sensor tegangan dihubungkan pada pin GND pada arduino uno. Pin out dari sensor arus dihubungkan pada pin A1 pada arduino uno. Pin vcc pada sensor arus dihubungkan pada pin 5v arduino uno dan pin GND pada sensor arus dihubungkan pada pin GND pada arduino uno. Pada relay yang digunakan adalah relay dengan dua chanel. Masukan relay satu dihubungkan pada pin 3 arduino uno dan masukan relay dua dihubungkan pada pin 4 arduino uno. Accu digunakan untuk sumber tegangan motor DC yang akan menggerakkan keran air. Sumber tegangan berupa *accu* diatur oleh relay yang mendapat masukan dari arduino uno.



Gbr. 6 Sistem Keseluruhan

Pada pengujian sistem PID berfungsi sebagai pengatur putaran motor yang menggerakkan stop keran air. Nilai K_p yang digunakan adalah 20 nilai K_i 10 dan nilai K_d adalah 1. Untuk mencapai nilai K_p , K_i dan K_d menggunakan metode *trial and error*. Ketika nilai K_p terlalu besar maka *over shoot* terlalu tinggi. Ketika nilai K_i terlalu tinggi maka nilai osilasi terlalu banyak. Pengendali motor yang digunakan pada sistem adalah relay dua chanel. Pada rangkaian relay dua input masukan relay satu dihubungkan pada pin 3 arduino uno dan masukan relay dua dihubungkan pada pin 4 arduino uno. Accu digunakan untuk *supply* tegangan motor dc yang akan menggerakkan keran air. Supply dari accu diatur oleh relay yang mendapat masukan dari arduino uno. Ketika tegangan kurang dari 12V maka PID akan merespon untuk menaikkan tegangan dan data yang dikirim pada relay adalah 0 pada relay chanel satu dan 1 pada relay chanel dua, maka relay pada chanel satu yang tetap NC dan relay chanel dua yang semula NC menjadi NO sehingga motor berputar ke kiri dan stop keran semakin terbuka hingga tegangan kembali pada 12V maka PID akan berhenti dan data yang dikirim pada relay adalah 0 pada relay chanel satu dan 0 pada relay chanel dua sehingga motor berhenti berputar. Apabila tegangan lebih dari 12V maka PID akan merespon untuk menurunkan tegangan dan data yang dikirim pada relay adalah 1 pada relay chanel satu dan 0 pada relay chanel dua, maka relay pada chanel satu aktif dan merubah NC menjadi NO dan relay chanel dua kontak NC tetap sehingga motor berputar ke kiri dan stop keran semakin menutup.

A. Pengujian Sensor Tegangan

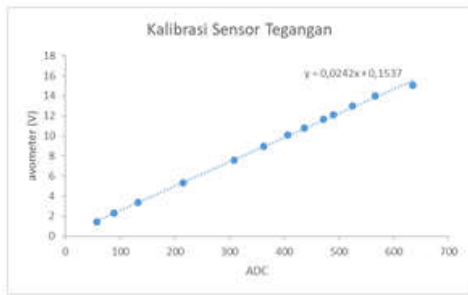
Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan supply tegangan yang berbeda beda sensor. Penguan ini dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan.

TABEL I
KALIBRASI SENSOR TEGANGAN DARI ALAT UKUR

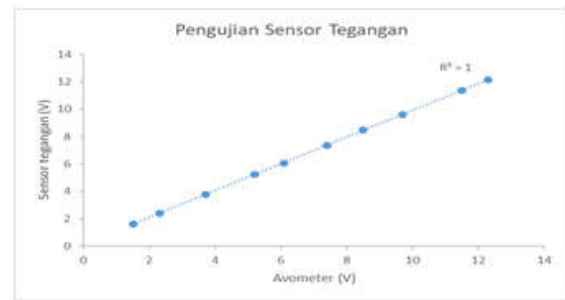
ADC	AVO (V)
57	1,4
89	2,3
133	3,4
215	5,3
308	7,6
362	9
406	10,1
437	10,8
472	11,7
489	12,1
525	13
566	14
635	15,08

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan terdiri dari analisa sensor tegangan, analisa sensor arus, dan analisa pengujian sistem kendali PID yang di implementasikan pada pembangkit listrik tenaga *pycohydro*. Pada pengujian pertama yaitu pengujian pada sensor tegangan yang akan digunakan yaitu vms dengan melakukan sepuluh kali percobaan dengan memberikan *supply* tegangan menggunakan *power supply*. Pada pengujian kedua yaitu pengujian pada sensor arus yang akan digunakan yaitu acs. Pengujian dilakukan dengan memberikan *supply* tegangan yang didapat dari *power supply* dan diberikan beban motor DC. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan. Pengujian yang ketiga adalah pengujian kendali PID pada pembangkit listrik tenaga *pycohydro*. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan dengan beban yang berbeda-beda. Yang pertama ketika tanpa beban, kemudian dengan beban 5W, kemudian ketika beban 15W, kemudian ketika beban 30W, dan yang terakhir ketika beban 40W.



Gbr. 7 Grafik Kalibrasi Sensor Tegangan



Gbr. 8 Grafik Pengujian Sensor Tegangan

Pada tabel 1 didapat nilai tegangan berupa nilai ADC yang didapat dari serial monitor pada arduino R3. Setelah mendapat nilai ADC kemudian dimasukan pada grafik dan didapat persamaan $y = 0,0242x + 0,1537$. Setiap nilai ADC dimasukan pada nilai x dalam persamaan tersebut. Maka didapat nilai tegangan pada sensor yang terdapat pada Tabel 2.

Pengujian ini dilakukan dengan cara input sensor tegangan dihubungkan pada *power supply* output + dan - sensor tegangan dihubungkan pada avometer dan pin s dihubungkan pada arduino pin A0. Pada saat *supply* 1,5V pada sensor didapat 1,61V dan error persen didapat 7,33%. Pada saat *supply* 2,3V pada sensor didapat 2,4V dan error persen didapat 4,34%. Pada saat *supply* 3,7V pada sensor didapat 3,78V dan error persen didapat 2,16%. Pada saat *supply* 5,2V pada sensor didapat 5,25V dan error persen didapat 0,96%. Pada saat *supply* 6,1V pada sensor didapat 6,08V dan error persen didapat 0,32%. Pada saat *supply* 7,4V pada sensor didapat 7,34V dan error persen didapat 0,81%. Pada saat *supply* 8,5V pada sensor didapat 8,48V dan error persen didapat 0,23%. Pada saat *supply* 9,7V pada sensor didapat 9,62V dan error persen didapat 0,82%. Pada saat *supply* 11,5V pada sensor didapat 11,38V dan error persen didapat 1,04%. Pada saat *supply* 12,3V pada sensor didapat 12,16V dan error persen didapat 1,13%. E% rata rata yang didapat adalah 1,91%.

TABEL II
DATA PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

AVO (V)	Sensor (V)	E%
1,5	1,61	7,333333
2,3	2,4	4,347826
3,7	3,78	2,162162
5,2	5,25	0,961538
6,1	6,08	0,327869
7,4	7,34	0,810811
8,5	8,48	0,235294
9,7	9,62	0,824742
11,5	11,38	1,043478
12,3	12,16	1,138211
E% rata-rata		1,918527

Pada gambar 8 merupakan gambar hasil pengujian dari sensor tegangan. Hasil pembacaan tegangan menggunakan sensor dan hasil pembacaan tegangan menggunakan alat ukur yaitu avometer membentuk garis dengan $R^2 = 1$ yang berarti semakin nilai R^2 mendekati atau sama dengan angka 1 maka sensor tersebut dapat dikatakan semakin akurat.

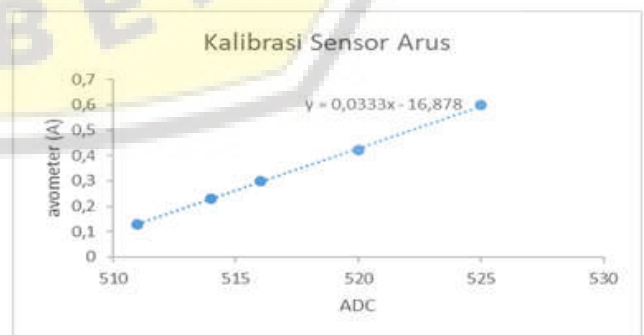
B. Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian kedua yaitu pengujian pada sensor arus yang akan digunakan yaitu acs. Pengujian dilakukan dengan memberikan *supply* tegangan yang didapat dari *power supply* dan diberikan beban berupa motor DC. Putaran motor DC di tahan dengan tahanan yang berbeda agar arus pada motor berbeda-beda pula.

TABEL III
DATA PENGUJIAN SENSOR ARUS PADA ALAT UKUR

ADC	AVO (A)
511	0,13
514	0,23
516	0,3
520	0,42
525	0,6

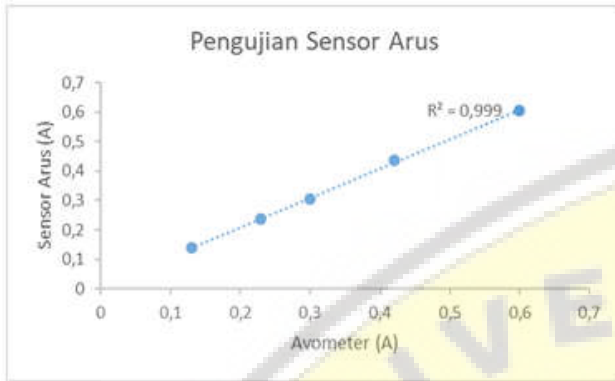
Pada Tabel 3 didapat nilai arus berupa nilai ADC yang didapat dari serial monitor pada arduino R3. Setelah mendapat nilai ADC kemudian dimasukan pada grafik dan didapat persamaan $y = 0,0333x - 16,878$. Setiap nilai ADC dimasukan pada nilai x dalam persamaan tersebut. Maka didapat tegangan pada sensor yang terdapat pada Tabel 4.



Gbr. 9 Grafik Kalibrasi Sensor Arus

TABEL IV
DATA PENGUJIAN SENSOR ARUS PADA ALAT UKUR

AVO(A)	SENSOR (A)	E%
0,13	0,138	6,15
0,23	0,238	3,47
0,3	0,304	1,33
0,42	0,438	4,28
0,6	0,6045	0,75
E%	rata-rata	3,20



Gbr. 10 Grafik Pengujian Sensor Arus

Setelah nilai ADC didapat dan dimasukkan pada persamaan yang didapat dari grafik maka didapat nilai arus dengan satuan A. Pada saat arus pada avometer 0,13A didapat pada sensor arus sebesar 0,138A dan E% sebesar 6,15%. Pada saat arus pada avometer 0,23A didapat pada sensor arus sebesar 0,238A dan E% sebesar 3,47%. Pada saat arus pada avometer 0,3A didapat pada sensor arus sebesar 0,304A dan E% sebesar 1,33%. Pada saat arus pada avometer 0,42A didapat pada sensor arus sebesar 0,438A dan E% sebesar 4,28%. Pada saat arus pada avometer 0,6A didapat pada sensor arus sebesar 0,604A dan E% sebesar 0,75%. Dan E% rata-rata didapat sebesar 3,20%.

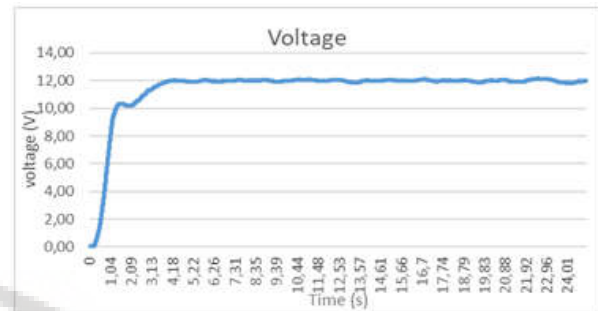
Pada gambar 10 merupakan gambar hasil pengujian dari sensor arus. Hasil pembacaan arus menggunakan sensor dan hasil pembacaan arus menggunakan alat ukur yaitu avometer membentuk garis dengan $R^2 = 0,999$ yang berarti semakin nilai R^2 mendekati atau sama dengan angka 1 maka sensor tersebut dapat dikatakan semakin akurat

C. Pengujian Keseluruhan

Pada pengujian keseluruhan ada beberapa kondisi yang diberikan pada sistem yaitu kondisi pertama pengujian ketika tanpa beban. Ketika sistem tanpa bebabn pengujian dilakukan selama 25 detik. Setelah itu dilakukan pengujian dengan diberi beban 5W, pengujian dilakukan selama 75 detik. Kemudian pengujian yang dilakukan dengan memberi beban pada sistem sebesar 15W, pengujian dilakukan selama 75 detik. Setelah itu kondisi yang keempat dengan memberikan beban pada sistem sebesar 30W, pengujian dilakukan selama 75 detik. Pada pengujian yang terakhir yaitu dengan cara memberikan beban pada sistem sebesar 40W.

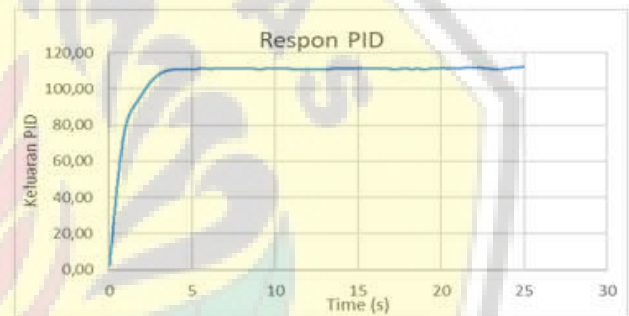
Pengujian Tanpa Beban

Pada pengujian yang pertama, kondisi yang diterima pada sistem adalah ketika sistem tanpa diberi beban. Pengujian dilakukan dari ketika sistem dalam keadaan mati.



Gbr. 11 Grafik Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa ketika sistem tanpa beban tegangan yang dicapai adalah tegangan *set poin* yaitu 12V. Pada grafik dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 12,51 detik, untuk t_s diketahui 4,04 detik, dan t_d sebesar 0,9 detik.



Gbr. 12 Grafik Pengujian Respon PID Tanpa Beban

Pada gambar 12 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2.54 detik, untuk t_s diketahui 3.9 detik, dan t_d sebesar 0,6 detik.

Pengujian dengan Beban 5W

Pada pengujian sistem yang kedua, sistem akan diberi beban berupa lampu DC sebesar 5W. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beberapa kondisi pada sistem yaitu sistem akan diberi beban sebesar 5W sebanyak dua kali dan beban akan dilepas sebanyak satu kali. Pengambilan data dilakukan pada saat sistem dalam kondisi mati kemudian setelah sistem stabil maka sistem akan diberi beban, setelah berapa detik beban akan dilepas dan yang terakhir setelah beberapa detik kemudian beban akan dipasang kembali.

Pada gambar 13 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2.85 detik, untuk t_s diketahui 4,06 detik, dan t_d sebesar 0,92 detik. Pada detik 12,51 detik sistem diberi beban sebesar 5 W. Tegangan akan turun hingga 10,47 V pada detik 13,3 detik dan kembali menjadi 12 V pada saat 14,83 detik. Sehingga sistem mengalami penurunan tegangan hingga mencapai stabil

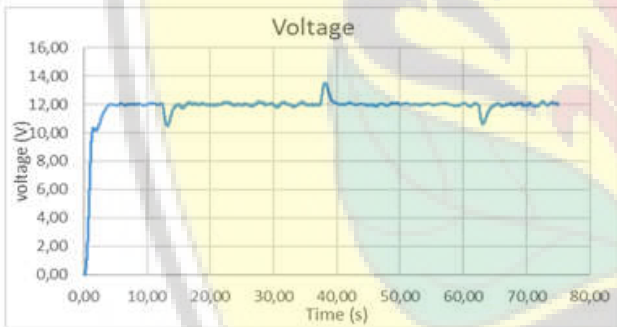
12V kembali selama 2,32 detik. Pada saat 37,46 detik beban dilepas dan tegangan naik pada hingga 13,51 V pada saat 38,15 detik kemudian kembali menjadi 12 V pada 40,26 detik. Sistem mengalami kenaikan tegangan hingga mencapai stabil selama 2,8 detik. Pada detik 62,21 detik beban kembali dipasang maka tegangan akan turun hingga 10,61V pada saat 63,09 detik dan kembali menjadi stabil pada saat 65,08 detik. Sistem mengalami penurunan tegangan hingga kembali stabil selama 2,87 detik.

Pada gambar 14 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2.54 detik, untuk t_s diketahui 3,70 detik, dan t_d sebesar 0,62 detik. Pada saat sistem stabil pada 12,66 detik Respon PID mulai meningkat karna sistem diberi beban sebesar 5 W. Respon PID akan naik hingga stabil dengan nilai keluaran 125,36 pada saat 16,84 detik dan sistem kembali stabil dengan beban 5W. Ketika beban dipasang maka respon PID akan meningkat hingga sistem kembali stabil selama 4,18 detik. Pada saat 37,72 detik respon pid mengalami penurunan karna beban dilepas. Keluaran PID turun hingga stabil kembali dengan nilai keluaran 111,54 Pada saat 40,79 detik dan sistem kembali stabil dengan tanpa beban. Ketika beban dilepas keluaran PID mengalami penurunan, keluaran PID mengalami penurunan hingga sistem stabil selama 3,07 detik. Pada saat 62,59 detik keluaran PID mengalami kenaikan karena beban kembali dipasang hingga stabil kembali dengan keluaran 125,20 pada saat 67,53 detik. Sistem kembali Stabil dengan beban 15 W. waktu yang diperlukan sistem untuk stabil kembali selama 4,95 detik.

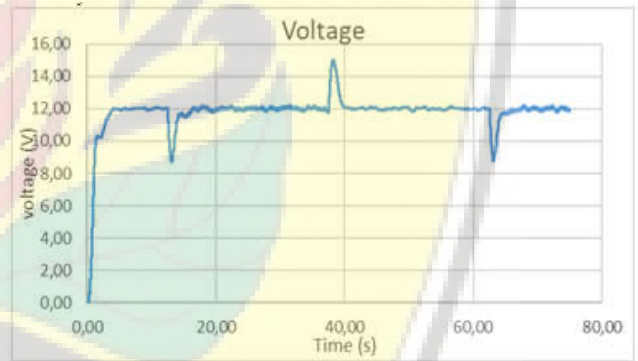
Pengujian Dengan Beban 15W

Pada pengujian sistem yang ketiga, sistem akan diberi beban berupa lampu DC sebesar 15W. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beberapa kondisi pada sistem yaitu sistem akan diberi beban sebesar 15W sebanyak dua kali dan beban akan dilepas sebanyak satu kali. Pengambilan data dilakukan pada saat sistem dalam kondisi mati kemudian setelah sistem stabil maka sistem akan diberi beban, setelah berapa detik beban akan dilepas dan yang terakhir setelah beberapa detik kemudian beban akan dipasang kembali.

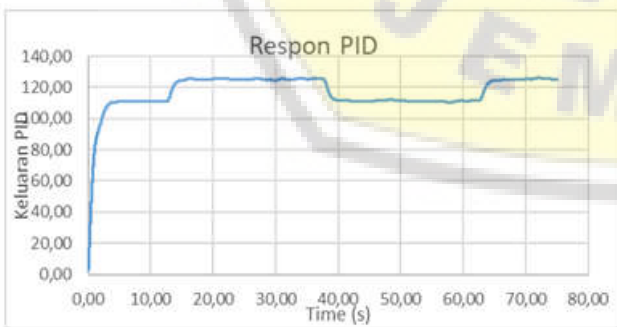
Pada gambar 15 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2.87 detik, untuk t_s diketahui 4,02 detik, dan t_d sebesar 0,93 detik. Pada saat sistem stabil pada detik 12,51 detik sistem diberi beban sebesar 15 W. Tegangan akan turun hingga 8,73 V pada detik 13,12 detik dan kembali menjadi 12 V pada saat 16,33 detik dan sistem stabil dengan beban 15W. sehingga sistem mengalami penurunan tegangan hingga mencapai stabil 12V kembali selama 3,82 detik. Pada saat 37,54 detik beban dilepas dan tegangan naik pada hingga 15,00 V pada saat 38,18 detik kemudian kembali menjadi 12 V pada saat 40,34 detik. Ketika beban dilepas tegangan mengalami kenaikan, sistem mengalami kenaikan tegangan hingga mencapai stabil selama 2,80 detik. Pada saat detik 62,51 detik beban kembali dipasang maka tegangan akan turun hingga 8,78V pada saat 63,13 detik dan kembali menjadi stabil pada saat 65,88 detik. Sistem mengalami penurunan tegangan hingga kembali stabil selama 3,37 detik.



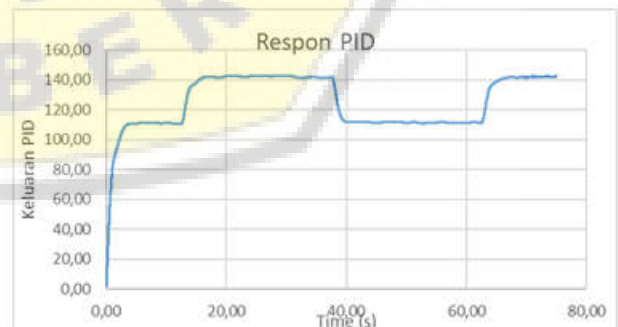
Gbr. 13 Grafik Pengujian Tegangan dengan Beban 5W



Gbr. 15 Grafik Pengujian Tegangan dengan Beban 15W



Gbr. 14 Grafik Pengujian Respon PID dengan Beban 5W

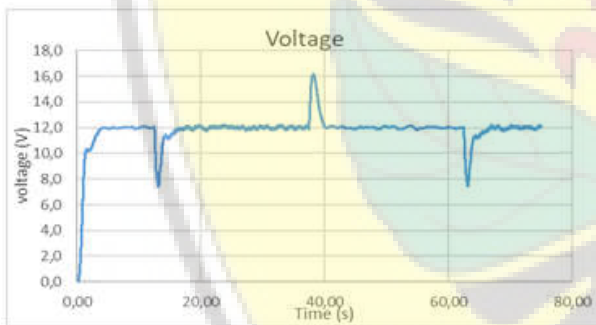


Gbr. 16 Grafik Pengujian Respon Pengujian Respon PID dengan Beban 15 W

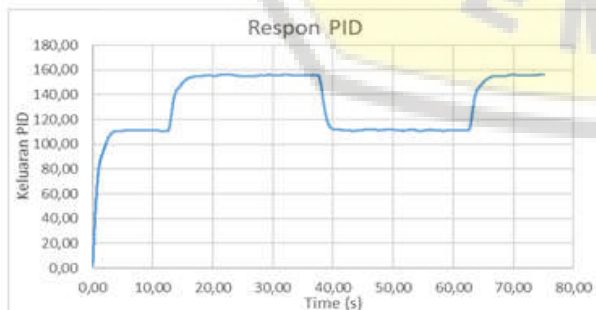
Pada gambar 16 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2,52 detik, untuk t_s diketahui 3,77 detik, dan t_d sebesar 0,6 detik. Pada saat sistem stabil pada 12,52 detik Respon PID mulai meningkat karna sistem diberi beban sebesar 15 W. Respon PID akan naik hingga 142,01 pada saat 17,00 detik dan stabil dengan beban 15W. Ketika beban dipasang maka respon PID akan meningkat hingga sistem kembali stabil selama 4,48 detik. Pada saat 37,63 detik respon PID mengalami penurunan karna beban dilepas. Keluaran PID turun hingga 111,84 Pada saat 40,71 detik dan stabil kembali dengan sistem tanpa beban. Ketika beban dilepas keluaran PID mengalami penurunan, keluaran PID mengalami penurunan hingga sistem stabil selama 3,08 detik. Pada saat 62,59 detik keluaran PID mengalami kenaikan karena beban kembali dipasang hingga 142,09 pada saat 67,27 detik dan stabil dengan beban 15W. sistem mengalami kenaikan keluaran PID ketika beban dipasang hingga stabil selama 4,68 detik.

Pengujian Dengan Beban 30W

Pada pengujian sistem yang keempat, sistem akan diberi beban berupa lampu DC sebesar 30W. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beberapa kondisi pada sistem yaitu sistem akan diberi beban sebesar 30W sebanyak dua kali dan beban akan dilepas sebanyak satu kali. Pengambilan data dilakukan pada saat sistem dalam kondisi mati kemudian setelah sistem stabil maka sistem akan diberi beban, setelah berapa detik beban akan dilepas dan yang terakhir setelah beberapa detik kemudian beban akan dipasang kembali.



Gbr. 17 Grafik Pengujian Tegangan dengan Beban 30 W



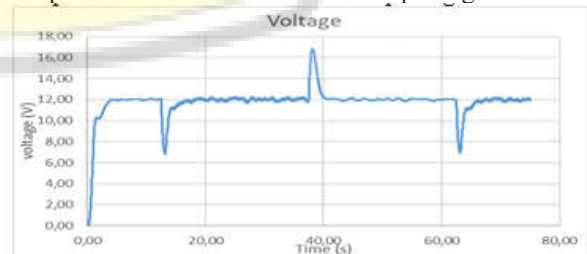
Gbr. 18 Grafik Pengujian Respon PID dengan Beban 30 W

Pada gambar 17 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2,83 detik, untuk t_s diketahui 4,00 detik, dan t_d sebesar 0,89 detik. Pada saat sistem stabil pada 12,51 detik sistem diberi beban sebesar 30 W. Tegangan akan turun hingga 7,4 V pada detik 13,14 detik dan kembali stabil menjadi 12 V pada saat 16,21 detik dan sistem stabil dengan beban 15W. Sistem mengalami penurunan tegangan hingga mencapai stabil 12V kembali selama 3,7 detik. Pada saat 37,51 detik beban dilepas dan tegangan naik pada hingga 16,2 V pada saat 38,18 detik kemudian kembali menjadi 12 V pada saat 40,71 detik. Ketika beban dilepas tegangan mengalami kenaikan, sistem mengalami kenaikan tegangan hingga mencapai stabil selama 3,2 detik. Pada saat detik 62,51 detik beban kembali dipasang maka tegangan akan turun hingga 7,5V pada saat 63,16 detik dan kembali menjadi stabil pada saat 66,69 detik. Sistem mengalami penurunan tegangan hingga kembali stabil selama 4,18 detik.

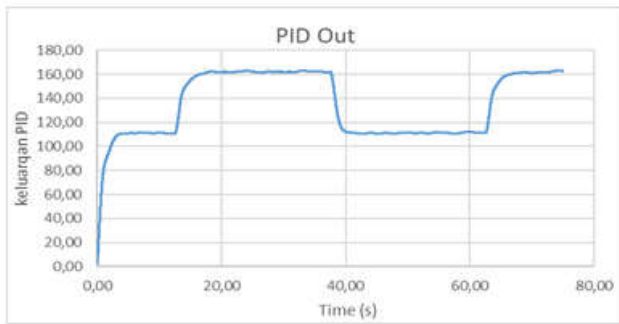
Gambar 18 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2,52 detik, untuk t_s diketahui 3,74 detik, dan t_d sebesar 0,64 detik. Pada saat sistem stabil pada 12,52 detik Respon PID mulai meningkat karna sistem diberi beban sebesar 30 W. Respon PID akan naik hingga stabil kembali pada keluaran 155,10 pada saat 17,86 detik dan stabil dengan beban 30W. Ketika beban dipasang maka respon PID akan meningkat hingga sistem kembali stabil selama 5,34 detik. Pada saat 37,63 detik respon PID mengalami penurunan karna beban dilepas. Keluaran PID turun hingga 111,26 Pada saat 41,57 detik dan stabil kembali dengan sistem tanpa beban. Ketika beban dilepas keluaran PID mengalami penurunan, keluaran PID mengalami penurunan hingga sistem stabil selama 3,94 detik. Pada saat 62,59 detik keluaran PID mengalami kenaikan karena beban kembali dipasang hingga stabil kembali pada keluaran 155,65 pada saat 69,18 detik dan stabil dengan beban 30W. sistem mengalami kenaikan keluaran PID ketika beban dipasang hingga stabil kembali selama 6,59 detik.

Pengujian Dengan Beban 40W

Pada pengujian sistem yang kelima, sistem akan diberi beban berupa lampu DC sebesar 40W. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beberapa kondisi pada sistem yaitu sistem akan diberi beban sebesar 40W sebanyak dua kali dan beban akan dilepas sebanyak satu kali. Pengambilan data dilakukan pada saat sistem dalam kondisi mati kemudian setelah sistem stabil maka sistem akan diberi beban, setelah berapa detik beban akan dilepas dan yang terakhir setelah beberapa detik kemudian beban akan dipasang kembali.



Gbr. 19 Grafik Pengujian Tegangan dengan Beban 40 W



Gbr. 20 Grafik Pengujian Respon PID Beban 40 W

Pada gambar 19 dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2.80 detik, untuk t_s diketahui 4,06 detik, dan t_d sebesar 0,9 detik. Pada saat sistem stabil pada saat 12,51 detik sistem diberi beban sebesar 40 W. Tegangan akan turun hingga 6,82 V pada detik 13,16 detik dan kembali stabil menjadi 12 V pada saat 18,09 detik dan sistem stabil dengan beban 40W. Sistem mengalami penurunan tegangan hingga mencapai stabil 12V kembali selama 5,58 detik. Pada saat 37,53 detik beban dilepas dan tegangan naik pada hingga 16,82 V pada saat 38,15 detik kemudian kembali menjadi 12 V pada saat 40,92 detik. Ketika beban dilepas tegangan mengalami kenaikan, sistem mengalami kenaikan tegangan hingga mencapai stabil selama 3,39 detik. Pada saat detik 62,13 detik beban kembali dipasang maka tegangan akan turun hingga 6,94V pada saat 63,17 detik dan kembali menjadi stabil pada saat 67,31 detik. Sistem mengalami penurunan tegangan hingga kembali stabil selama 5,18 detik.

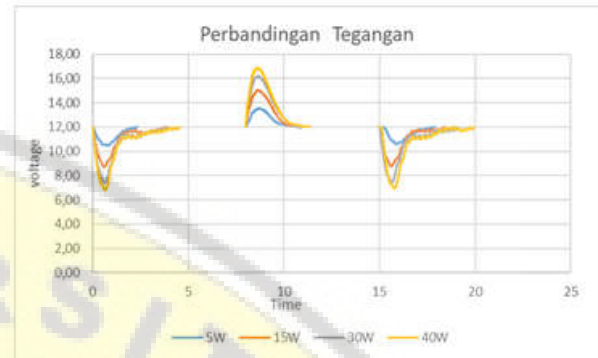
Pada Gambar 20 merupakan grafik keluaran PID ketika menggunakan beban sebesar 40 W. Pada grafik dapat diketahui bahwa nilai t_r sebesar 2.55 detik, untuk t_s diketahui 3,78 detik, dan t_d sebesar 0,64 detik. Pada saat sistem stabil pada 12,56 detik Respon PID mulai meningkat karna sistem diberi beban sebesar 40W. Respon PID akan naik hingga stabil kembali pada keluaran 162,00 pada saat 17,93 detik dan stabil dengan beban 40W. Ketika beban dipasang maka respon PID akan meningkat hingga sistem kembali stabil selama 5,97 detik. Pada saat 37,63 detik respon PID mengalami penurunan karna beban dilepas. Keluaran PID turun hingga stabil kembali pada keluaran 110,67 Pada saat 42,18 detik dan stabil kembali dengan sistem tanpa beban. Ketika beban dilepas keluaran PID mengalami penurunan, keluaran PID mengalami penurunan hingga sistem stabil selama 4,55 detik. Pada saat 62,59 detik keluaran PID mengalami kenaikan karena beban kembali dipasang hingga stabil kembali pada keluaran 161,46 pada saat 69,33 detik dan stabil dengan beban 40W. sistem mengalami kenaikan keluaran PID ketika beban dipasang hingga stabil kembali selama 6,74 detik.

Perbandingan Mencapai *Steady State*

Pada setiap pengujian tegangan ketika sistem diberi beban maka tegangan akan mengalami penurunan sesaat dan kembali pada kondisi *steady state* dan apabila beban dilepas

ketika sistem sudah dalam kondisi *stead state* dengan beban, maka sistem mengalami kenaikan tegangan sesaat dan kembali dalam kondisi *steady state* tanpa beban.

Pada gambar 21 dapat dilihat bahwa pada setiap pengujian sistem dengan beban yang berbeda-beda, kenaikan atau penurunan tegangan yang terjadi ketika sistem diberi beban atau melepas memiliki nilai yang berbeda beda sesuai dengan besar beban yang diberikan atau dilepas. Semakin besar beban maka kenaikan atau penurunan tegangan semakin besar pula.

Gbr. 21 Perbandingan Tegangan Mencapai *Steady State*

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Keluaran dari generator dapat kembali stabil ketika beban berubah-ubah dengan waktu yang berbeda beda. Pada pengujian dengan beban 5W waktu rata rata yang diperlukan untuk mencapai pada kondisi *steady state* kembali adalah 2,663 detik. Pada pengujian dengan beban 15W waktu rata rata yang diperlukan untuk mencapai pada kondisi *steady state* kembali adalah 3,33 detik. Pada pengujian dengan beban 30W waktu rata rata yang diperlukan untuk mencapai pada kondisi *steady state* kembali adalah 3,93 detik. Pada pengujian dengan beban 40W waktu rata rata yang diperlukan untuk mencapai pada kondisi *steady state* kembali adalah 4,71 detik. Respon PID berbanding terbalik dengan nilai tegangan. Ketika sistem dalam *steady state* kemudian diberi beban maka sistem akan mengalami penurunan tegangan dan respon PID akan naik untuk menstabilkan sistem sehingga kembali dalam *steady state*. Ketika sistem sudah dalam *steady state* dengan beban, kemudian beban dilepas maka sistem akan mengalami kenaikan tegangan dan respon PID akan menurun untuk menstabilkan sistem kembali. Kendali PID membutuhkan waktu yang berbeda beda untuk menstabilkan sistem berdasarkan nilai beban yang berubah juga.

REFERENSI

- [1] Roshni Bhoi, Dr. S.M. Al. 2014. Simulation for Speed Control of the Small Hydro Power Plant Using PID Controllers. India: Yr M. Tech (Power & Energy System)
- [2] He Chun-hong1, Ren Bin. 2018. *Design of DC Motor Speed Regulation System Based on ARM*. China: Dongguan University of Technology Dongguan
- [3] Khaled sailan, Prof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Kuhnert. 2013. De DC Motor Angular Position Control using PID Controller for the porpuse of controlling the Hydraulic Pump. Germany: Siegen University Hölderlinst

- [4] Widjonarko, Rudy Soenoko, dkk. 2019. *Comparison of Intelligence Control Systems for Voltage Controlling on Small Scale Compressed Air Energy Storage*. Indonesia: Energy Conversion, Electrical Engineering Departement, Universitas Jember

