

Implementasi Kontrol PID Untuk Pengaturan Tegangan Pada Plant Mikrohidro

Moch Dani Darmawan , Yulianto, Ari Murtono

Abstrak — Energi terbarukan dengan menggunakan tenaga air merupakan salah satu pemanfaatan yang paling potensial untuk di implementasikan. Energi terbarukan tersebut ialah mikrohidro. Tenaga air berfungsi sebagai sumber penggerak turbin yang nantinya akan menghasilkan energi mekanik sehingga dapat menggerakkan sebuah generator dengan memanfaatkan fungsi dari pada *v-belt* yang menyambungkan antara 2 *pulley* pada turbin dan generator. Jenis spesifikasi generator yang digunakan adalah generator magnet permanen. Kekurangan pada implementasi mikrohidro adalah tegangan keluaran dari generator magnet permanen tidak stabil apabila terjadi perubahan beban. Keluaran dari pada generator berupa tegangan akan disearahkan sehingga menjadi sumber DC melalui penyearah DC. Tegangan keluaran pada penyearah DC tersebut yang akan diatur menggunakan rangkaian konverter *buck-boost* sehingga dapat stabil sesuai dengan nilai tegangan yang telah diatur. Metode kontrol PID (*Proportional, Integral, Derivative*) yang diterapkan pada penelitian ini berfungsi untuk mendapatkan respon sistem yang stabil. Pengendali PID bertujuan untuk mengatur *switching* pada rangkaian konverter *buck-boost* berupa perubahan PWM (*duty cycle*) dari mikrokontroler. Proses *switching* pada rangkaian konverter *buck-boost* menggunakan IC XL6009 dengan *range* frekuensi 31kHz – 400kHz. Pada proses pengaturan tegangan dilengkapi dengan sensor tegangan berupa rangkaian pembagi tegangan sehingga dapat mengetahui nilai tegangan masukan dan keluaran pada rangkaian konverter *buck-boost*. Metode kontrol PID *trial and error* digunakan untuk mencari nilai konstanta K_p , K_i , dan K_d yang paling optimal untuk sistem. Nilai konstanta PID yang digunakan adalah $K_p=20$, $K_i=0.3$, dan $K_d=0.5$.

Kata kunci : Mikrohidro, Pengendali PID, Konverter *buck-boost*, Generator magnet permanen, mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air sebagai tenaga sumber sebagai penggerak dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan dan jumlah debit air. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya akan menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

Jenis tenaga air yang dapat digunakan sebagai sumber untuk pembangkit meliputi air terjun, air sungai, dan aliran air pada sumber air. Karakteristik air yang digunakan adalah air yang memiliki dimensi atau ketinggian yang dapat menggerakkan sebuah pembangkit. Tingkat ketinggian air yang digunakan bergantung pada jenis pembangkit mikrohidro yang digunakan. Selain itu, pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air sebagai tenaga sumber adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Namun jenis tenaga air yang digunakan harus memiliki tingkat skala yang besar seperti air laut, bendungan air.

Tujuan pada penelitian ini adalah PLTMh dapat mengontrol dan menstabilkan tegangan keluaran pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang telah disearahkan lewat penyearah DC. Tegangan keluaran dari penyearah DC ini akan dikontrol melalui rangkaian konverter *buck-boost* sehingga dapat menghasilkan tegangan keluaran sesuai dengan nilai *setpoint* yang diberikan. Pengontrolan tegangan pada rangkaian konverter *buck-boost* menggunakan metode kontrol PID karena dapat memberikan respon perubahan sistem yang cepat bila terjadi perubahan beban.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)

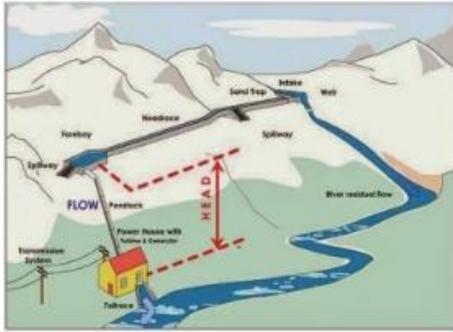
Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro memanfaatkan tenaga air sebagai sumber penghasil energi. Mikrohidro merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

Persamaan daya yang dibangkitkan oleh generator karena putaran turbin air, sebagai berikut:

$$P = K \cdot \eta \cdot H \cdot Q \quad (1)$$

Dengan:

- P : Daya (kW)
- K : Konstanta Gravitasi (9.8)
- η : Efisiensi turbin dengan generator (%)
- H : Head / Ketinggian (m)
- Q : Debit Air ($m^3/detik$)



Gambar 1. Sistem Kerja Mikrohidro

2.2 Turbin

Turbin air atau biasa dikenal juga dengan kincir air berfungsi untuk memutar poros generator. Menurut sumbu putarnya, turbin air terbagi dua yaitu turbin yang berputar secara vertikal atau turbin yang berputar secara horizontal. Pada alat penelitian dan pengembangan ini turbin air didesain secara horizontal dan berbentuk *screw*.



Gambar 2. Bentuk Fisik Turbin Air

2.3 Pulley

Pulley adalah tempat *v-belt* pemindah gerak (*belting*) dan digunakan supaya turbin dapat menggerakkan poros pada generator[6]. Pada alat penelitian dan pengembangan ini terdapat 2 *pulley*, yaitu *pulley* di poros turbin dan *pulley* di poros generator.

2.4 Generator

Generator merupakan sebuah mesin yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada alat penelitian dan pengembangan ini menggunakan generator magnet permanen. Spesifikasi generator dapat dilihat pada tabel I.

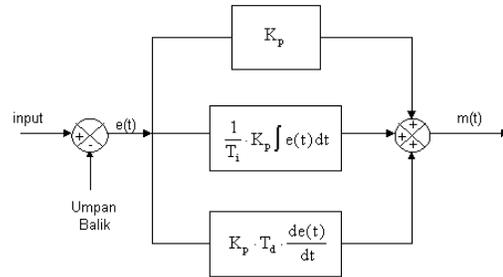
Tabel 1. Spesifikasi Generator

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tipe	SGM GH-13DCA6H Yasakawa Electric
2.	Maks. Daya	700 W
3.	Torsi	5,34 Nm
4.	Maks. RPM	1500 r/min
5.	Maks. Arus	2.4 A
6.	Maks. Tegangan	150 V

2.5 Metode Kontrol PID (Proportional, Integral Derivative)

Metode kontrol yang digunakan pada sistem kontrol tegangan keluaran generator melalui nilai masukan pwm pada rangkaian konverter buck boost adalah metode kontrol PID. Metode ini terdiri dari 3 nilai yaitu *proportional* (P), *Integral* (I), dan *derivative* (D).

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler *proportional, integral, derivative* (kontroler PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar.

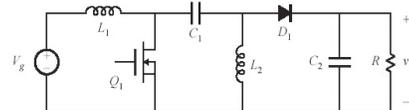


Gambar 3. Blok Diagram Kontroler PID Perhitungan kontrol PID seperti pada persamaan 2.

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

2.6 Rangkaian Konverter Buck-Boost Tipe Sepic

Rangkaian konverter *buck-boost* merupakan rangkaian elektrik yang berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan tegangan. Rangkaian konverter ini merupakan salah satu jenis konverter DC tipe *sepic*. Rangkaian ini terdiri dari induktor, kapasitor, dioda, dan mosfet sebagai komponen pensaklaran dan rangkaian kontrol untuk menghidupkan dan mematikan mosfet. Rangkaian ini mampu menurunkan dan menaikkan tegangan dengan cara mengubah *duty cycle* dari rangkaian kontrolnya.



Gambar 4. Rangkaian Konverter Buck-Boost

2.7 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input/output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, 16 MHz *osilator* Kristal, koneksi USB, *jack* listrik, dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.

Berikut adalah spesifikasi dari Arduino Uno:

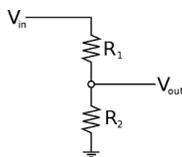
Tabel 2 Tabel Spesifikasi Arduino

No	Mikrokontroler	ATMega328
1.	Operasi Voltage	5V
2.	Input Voltage	7 - 12V (Rekomendasi)
3.	Input Voltage	6 - 20V (limits)
4.	I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
5.	Arus	50 mA
6.	Flash Memory	32 KB
7.	Bootloader	SRAM 2 KB
8.	EEPROM	1 KB
9.	Kecepatan	16 MHz

2.8 Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk mendeteksi besarnya tegangan pada suatu sistem. Sensor tegangan yang umum digunakan adalah *voltage divider* yang terdiri dari minimal dua buah resistor atau lebih yang diparalel seperti pada gambar 5.

Sesuai dengan namanya yaitu *voltage divider*, fungsi resistor disini adalah untuk membagi tegangan *input* dari baterai sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler. Tegangan *input* perlu dibagi, karena tegangan *input* pada mikrokontroler maksimal hanya 5 volt.



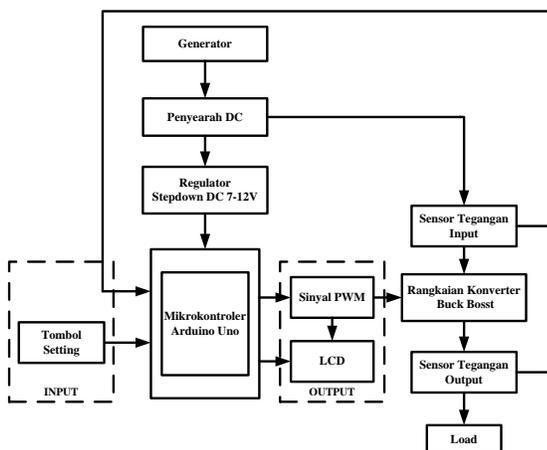
Gambar 5. Rangkaian Pembagi Tegangan

2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD merupakan perangkat *display* yang paling umum dipasangkan ke mikrokontroler, mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuan menampilkan karakter atau grafik yang lebih baik dibandingkan *display 7 segment* ataupun *alphanumeric*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

3.1.1 Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari sistem pengaturan tegangan pada plant mikrohidro ini adalah untuk mengatur dan menstabilkan tegangan keluaran generator yang telah disearahkan dengan penyearah DC dengan menggunakan rangkaian konverter *buck-boost*. Pada rangkaian *buck-boost* terdapat dua sensor tegangan yang berfungsi untuk mendeteksi nilai tegangan *input* dan *output* dari rangkaian konverter *buck-boost*. Tegangan keluaran dari penyearah DC juga diumpankan ke rangkaian regulator *stepdown* DC guna untuk mengaktifkan mikrokontroler. Selain sensor tegangan, pada bagian *input* juga terdapat tombol *setting*. Tombol *setting* ini berfungsi untuk mengatur nilai masukan dari sistem, nilai tersebut berupa nilai *setpoint* dan konstanta PID. Pada bagian *output* terdapat sinyal PWM dan LCD. Tujuan dari sinyal PWM adalah untuk mengatur *switching* dari mosfet pada rangkaian konverter *buck-boost*. Pengaturan sinyal PWM menggunakan kontrol PID, sehingga perubahan nilai masukan berupa nilai PWM pada proses *switching* dapat terkontrol secara otomatis. Selain itu, tujuan LCD pada sistem adalah untuk menampilkan informasi data keluaran yang dihasilkan oleh sistem. Data keluaran yang ditampilkan pada LCD adalah nilai *setpoint*, nilai tegangan *input* dan *output* pada rangkaian konverter *buck-boost*, nilai PWM, nilai konstanta PID.

3.2 Desain Mekanik

Gambar mekanik pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro:



Gambar 7. Gambar Mekanik Tampak Samping



Gambar 8. Gambar Mekanik Tampak Depan

3.3 Perancangan Rangkaian Buck-Boost Tipe Sepic

Rangkaian konverter *buck-boost* berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan tegangan. Pada rangkaian ini memiliki pengaturan *switching* menggunakan sinyal PWM berupa *duty cycle* dari mikrokontroler. Ketika nilai masukan sinyal PWM dibawah 50% maka rangkaian akan berfungsi sebagai konverter *buck* sedangkan jika masukan diatas 50% maka rangkaian akan berfungsi sebagai konverter *boost*. Pada rangkaian ini menggunakan komponen *switching* mosfet *n-channel* dengan tipe XL6009.

Perancangan nilai-nilai parameter ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 3Parameter Perancangan *Buck-Boost*

No	Parameter	Keterangan
1.	Tegangan Masukan	20V
2.	Tegangan Keluaran	12V
3.	Arus Keluaran	2A
4.	Frekuensi Switching	31kHz
5.	Beban	Lampu DC 12V

Desain rangkaian konverter *buck-boost*:

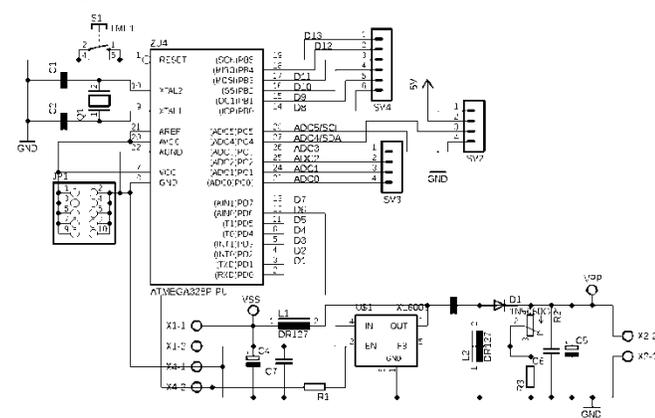
Duty Cycle: $V_o/V_{in} = D/(1-D)$ (3)
 $12V/20V = D/(1-D)$
 $12-12D = 20D$
 $12 = 32D$
 $D = 0.375$

Resistor: $R_3 :$
 $V_{ref} = (R_3/(R_2+R_3))*V_o$ (4)
 $1.25 = (R_3/(R_2+R_3))*40$
 $1.25R_2 + 1.25R_3 = 40R_3$
 $1.25R_2 = 41.25R_3$
 $R_3 = (1.25*10k)/41.25$
 $R_3 = 303 \approx 330\Omega$

R7 :
 $R_7 = (V_{oh} - V_{en})/I_{en}$
 $R_7 = (4.8 - 2)/0.005$
 $R_7 = 560\Omega$

Induktor: $L = L_{min} * 10$
 $L_{min} = ((1 - D)^2 * R)/2*f$ (5)
 $L_{min} = ((1 - 0.667)^2 * 20)/2*31000$
 $L_{min} = 2.21778/62000$
 $L_{min} = 3.5770 * 10^{-5}$
 $L_{min} = 35.7\mu H$
 $L = L_{min} * 10$ (6)
 $L = (35.7\mu H) * 10$
 $L = 357 \mu H \approx 330 \mu H$

Kapasitor: $220 \mu F/50V$ (Sesuai dengan *datasheet*)



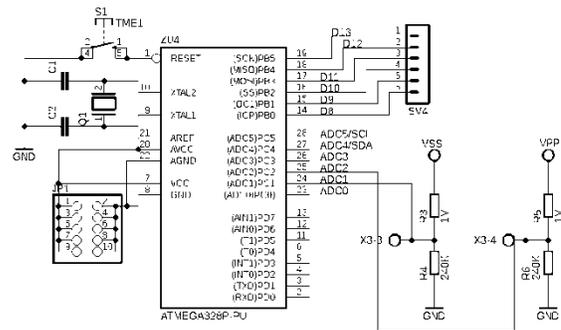
Gambar 9. Rangkaian Konverter *Buck-Boost*

3.4 Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan berfungsi untuk mendeteksi nilai tegangan masukan dan keluaran pada rangkaian konverter *buck-boost*. Rangkaian yang digunakan merupakan rangkaian pembagi tegangan. Pada rangkaian sensor tegangan didesain dengan *range* pembacaan antara 0-25V.

Desain rangkaian sensor tegangan:

Nilai Resistor: $V_{arduino} = V_{read} * (R_4/(R_3+R_4))$ (7)
 Pembagi Tegangan: $(V_{arduino}/V_{read}) = (R_4/(R_3+R_4))$
 $(5V/25V) = (R_4/(R_3+R_4))$
 $5*(R_3+R_4) = 25*R_4$
 $(R_3+R_4) = 5R_4$
 $R_3 = 5R_4 - R_4$
 $R_4 = (R_3/4)$



Gambar 10. Rangkaian Sensor Tegangan

IV. HASIL DAN ANALISA

1.1 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan dengan cara mengkalibrasi sehingga hasil pembacaan dari sensor dapat sesuai dengan pembacaan *volt* meter. Tegangan masukan akan dibaca oleh sensor tegangan berupa rangkaian pembagi tegangan. Setelah itu hasil pembacaan dari sensor tegangan yang berupa nilai ADC (*analog to digital converter*), akan diproses oleh mikrokontroler sehingga dapat dikonversikan menjadi nilai tegangan analog. Hasil pengujian rangkaian sensor tegangan dapat ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

No	Pembacaan Avometer (V)	Pembacaan Sistem (Sensor Tegangan) (V)	Error (%)
1.	20.2V	20.25V	0.2%
2.	19.3V	19.38V	0.4%
3.	18.4V	18.48V	0.4%
4.	17.5V	17.53V	0.1%
5.	17.0V	17.06V	0.3%
6.	15.5V	15.54V	0.2%
7.	15.0V	15.04V	0.2%
8.	14.3V	14.37V	0.4%
9.	14.0V	14.07V	0.5%
10.	13.0V	13.04V	0.3%
11.	12.0V	12.05V	0.4%
12.	11.1V	11.12V	0.1%
13.	7.5V	7.56V	0.8%
14.	5.0V	5.06V	1.2%
15.	3.3V	3.34V	1.2%
Rata - rata Error			0.45%

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel IV nilai kesalahan rata-rata yang diperoleh adalah 0.45%. Kebutuhan nilai titik acuan (*setpoint*) standar adalah 12V, maka dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan ini dapat digunakan pada penelitian.

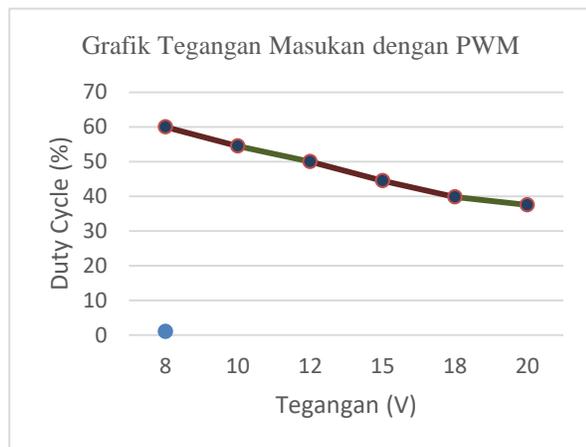
1.2 Pengujian Rangkaian Konverter *Buck-Boost*

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan masukan berupa sinyal masukan PWM. Sinyal PWM didapatkan pada *output* dari mikrokontroler arduino uno. Lalu, untuk tegangan masukan yang digunakan pada rangkaian konverter *buck-boost* merupakan tegangan keluaran dari generator yang telah disearahkan menjadi sumber DC. Hasil pengujian dari rangkaian konverter *buck-boost* dapat ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Rangkaian Konverter *Buck-Boost*

No	Tegangan Keluaran (V)	Tegangan Masukan (V)	PWM Duty Cycle (%)
1.	12	8	60 %
2.	12	10	54.5 %
3.	12	12	50 %
4.	12	15	44.5 %
5.	12	18	39.8 %
6.	12	20	37.5 %

Berdasarkan dari hasil pengujian pada tabel V, ketika nilai PWM berupa *duty cycle* dibawah 50% maka nilai tegangan keluaran pada rangkaian konverter *buck-boost* berada dibawah nilai dari tegangan masukan dan akan berfungsi sebagai rangkaian konverter *buck*. Sedangkan ketika nilai PWM berupa *duty cycle* diatas 50% maka nilai tegangan keluaran pada rangkaian konverter *buck-boost* berada diatas nilai dari tegangan masukan dan rangkaian akan berfungsi sebagai rangkaian konverter *boost*. Maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian konverter *buck-boost* ini dapat digunakan pada penelitian.



Gambar 11. Grafik Tegangan *Output* dengan PWM

1.3 Pengujian Sistem

4.7.1 Pengujian Kontrol PID

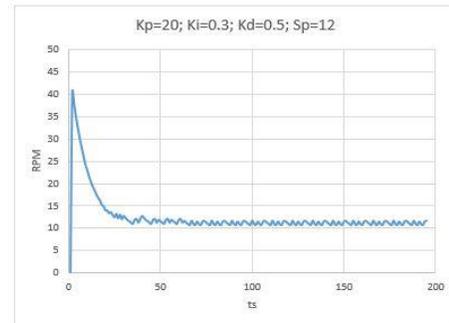
Pengujian Kontrol PID dilakukan dengan tujuan agar keluaran pada rangkaian konverter *buck-boost* dapat stabil pada nilai *setpoint* yang telah ditentukan, sehingga dapat sesuai dengan kebutuhan beban yang digunakan. Pada perancangan kontrol PID telah dilakukan dengan cara *tuning*

nilai konstanta *proportional, integral, dan derivative* dimana *tuning* PID menggunakan metode *trial and error*.

Selanjutnya untuk mendapatkan respon sistem yang diinginkan maka digunakan metode *handtuning (trial and error)*. Metode ini dilakukan dengan cara mengubah nilai parameter *Kp, Ki, dan Kd* sampai menemukan respon sistem yang diinginkan. Setelah dilakukan *tuning* dan perhitungan dengan menggunakan metode *trial and error* didapatkan nilai *Kp* sebesar 20; *Ki* sebesar 0.3; dan *Kd* sebesar 0.5.

A. Pengujian Tanpa Menggunakan Beban. *Kp=20; Ki=0.3; Kd=0.5; Sp=12V*

Pada pengujian ini menggunakan frekuensi *switching* pada mosfet sebesar 976Hz (bawaan dari pin 6 pada mikrokontroler arduino uno).



Gambar 12. Grafik Respon Sistem Tanpa Beban Pengujian Pertama

Berdasarkan dari hasil grafik respon sistem pada gambar 12 dengan nilai parameter *Kp=20; Ki=0.3; Kd=0.5*, dan *setpoint=12V* didapatkan karakteristik respon sistem secara keseluruhan. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 6

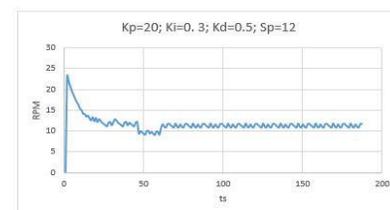
Tabel 6 Karakteristik Respon Sistem Pengujian Pertama

No.	Spesifikasi	Hasil
1	<i>Delay Time</i>	0.5 detik
2	<i>Rise Time</i>	0.5 detik
3	<i>Peak Time</i>	1 detik
4	<i>Maximum overshoot</i>	94%
5	<i>Settling time</i>	10.5 detik

Pada gambar 12 dapat dilihat respon sistem akan stabil ketika sistem telah berjalan selama 10.5 detik. Respon sistem akan tetap stabil selama belum diberi beban. Pada tabel VI dapat dilihat bahwasannya respon masih memiliki titik kelemahan yaitu *maximum overshoot* masih tinggi dengan nilai 94%. Akan tetapi respon masih dapat stabil sesuai dengan nilai *setpoint*.

B. Pengujian Menggunakan Beban. *Kp=20; Ki=0.3; Kd=0.5; Sp=12V*

Pada pengujian ini menggunakan frekuensi *switching* pada mosfet sebesar 976Hz (bawaan dari pin 6 pada mikrokontroler arduino uno).



Gambar 13. Grafik Respon Sistem Menggunakan Beban Pengujian Kedua

Berdasarkan dari hasil grafik respon sistem pada gambar 13 dengan nilai parameter $K_p=20$; $K_i=0.3$; $K_d=0.5$, dan $setpoint=12V$ didapatkan karakteristik respon sistem secara keseluruhan. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 7.

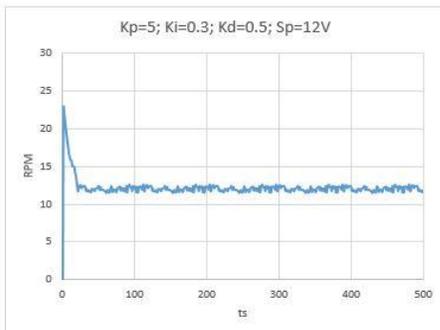
Tabel 7 Karakteristik Respon Sistem Pengujian Kedua

No.	Spesifikasi	Hasil
1	<i>Delay Time</i>	0.5 detik
2	<i>Rise Time</i>	0.5 detik
3	<i>Peak Time</i>	1 detik
4	<i>Maximum overshoot</i>	94%
5	<i>Settling time</i>	10.5 detik

Pada gambar 13 dapat dilihat respon sistem akan stabil ketika sistem telah berjalan selama 10.5 detik. Pada sistem diberi beban, respon sistem mulai tidak stabil. Hal ini dikarenakan nilai frekuensi *switching* yang digunakan terlalu kecil. Pada tabel VII dapat dilihat bahwasannya respon masih memiliki titik kelemahan yaitu *maximum overshoot* masih tinggi dengan nilai 94%. Akan tetapi respon masih dapat stabil sesuai dengan nilai *setpoint*.

C. Pengujian Tanpa Menggunakan Beban. $K_p=20$; $K_i=0.3$; $K_d=0.5$; $Sp=12V$.

Pada pengujian ini menggunakan frekuensi *switching* pada mosfet sebesar 31kHz.



Gambar 14. Grafik Respon Sistem Tanpa Beban Pengujian Ketiga

Berdasarkan dari hasil grafik respon sistem pada gambar 14 dengan nilai parameter $K_p=20$; $K_i=0.3$; $K_d=0.5$, dan $setpoint=12V$ didapatkan karakteristik respon sistem secara keseluruhan. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 8.

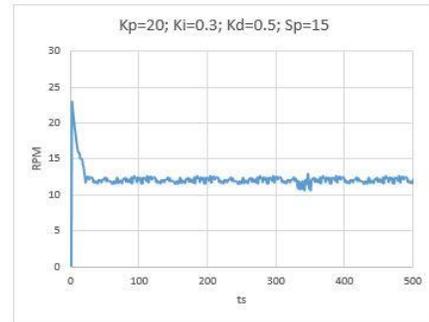
Tabel 8 Karakteristik Respon Sistem Pengujian Ketiga

No.	Spesifikasi	Hasil
1	<i>Delay Time</i>	0.5 detik
2	<i>Rise Time</i>	0.5 detik
3	<i>Peak Time</i>	1 detik
4	<i>Maximum overshoot</i>	90.4%
5	<i>Settling time</i>	11detik

Pada gambar 14 dapat dilihat respon sistem akan stabil ketika sistem telah berjalan selama 11 detik. Respon sistem akan tetap stabil selama belum diberi beban. Pada percobaan ini menggunakan frekuensi *switching* sebesar 31kHz. Pada tabel VIII dapat dilihat bahwasannya respon mampu mengurangi nilai *maximum overshoot* dengan nilai 90.4%. Respon sistem masih dapat stabil sesuai dengan nilai *setpoint*.

D. Pengujian Menggunakan Beban. $K_p=20$; $K_i=0.3$; $K_d=0.5$; $Sp=12V$

Pada pengujian ini menggunakan frekuensi *switching* pada mosfet sebesar 31kHz.



Gambar 15. Grafik Respon Sistem Menggunakan Beban Pengujian Keempat

Berdasarkan dari hasil grafik respon sistem pada gambar 15 dengan nilai parameter $K_p=20$; $K_i=0.3$; $K_d=0.5$, dan $setpoint=12V$ didapatkan karakteristik respon sistem secara keseluruhan. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9 Karakteristik Respon Sistem Pengujian Keempat

No.	Spesifikasi	Hasil
1	<i>Delay Time</i>	0.5 detik
2	<i>Rise Time</i>	0.5 detik
3	<i>Peak Time</i>	1 detik
4	<i>Maximum overshoot</i>	90.4%
5	<i>Settling time</i>	11detik

Pada gambar 15 dapat dilihat respon sistem akan stabil ketika sistem telah berjalan selama 11 detik. Respon sistem akan tetap stabil selama belum diberi beban. Pada percobaan ini menggunakan frekuensi *switching* sebesar 31kHz. Pada tabel IX dapat dilihat bahwasannya respon mampu mengurangi nilai *maximum overshoot* dengan nilai 90.4%. Selain itu ketika sistem diberi beban, sistem masih dapat stabil dengan nilai *setpoint* meskipun ada sedikit nilai yang masih berosilasi dibawah 12V. Hal tersebut tidak dapat menjadi masalah karena respon sistem masih dapat stabil sesuai dengan nilai *setpoint*.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada sistem implementasi kontrol PID untuk pengaturan tegangan pada plant mikrohidro, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian kontrol PID dengan sistem *close loop* pada pengaturan tegangan menggunakan metode *trial and error* dengan nilai $K_p=20$; $K_i=0.3$; $K_d=0.5$; $Sp=12V$.
2. Berdasarkan pada hasil pengujian sistem, tegangan keluaran pada rangkaian konverter *buck-boost* tetap dapat stabil ketika tidak diberi beban, menghasilkan tegangan rata-rata 11.99V, dengan nilai *error* sebesar 0.08%.

3. Berdasarkan pada hasil pengujian sistem, tegangan keluaran pada rangkaian konverter *buck-boost* tetap dapat stabil ketika diberi beban, menghasilkan tegangan rata-rata 11.89V, dengan nilai *error* sebesar 0.91%.

- [20] Datasheet Arduino Uno, Radiospares, Radionics.
 [21] Datasheet *Alphanumeric Liquid Crystal Display* (16x2), Revolution Education Ltd.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada sistem implementasi kontrol PID untuk pengaturan tegangan pada plant mikrohidro, maka saran dari penulis untuk pengembangan penelitian tentang alat ini lebih lanjut adalah sebagai berikut :

Dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk meningkatkan kapasitas debit air sehingga daya yang dihasilkan dapat lebih besar dan mampu meningkatkan jumlah beban yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adly Havendri dan Hendro Lius 2009. *Perancangan dan Realisasi Model Prototipe Turbin Ari Type Screw (Archimedean Turbine) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Head Rendah Di Indonesia*.
- [2] Ahmad, Nur H, dkk. 2012. *Pemanfaatan RFID (Radio Frequency Identification) Untuk Keamanan Pintu Lemari Berbasis Mikrokontroler ATmega 328*. Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi. STMIK Subang. ISSN: 2252-4517.
- [3] Albert, P. Malvino. 1994. *Prinsip-Prinsip Dasar Elektronika*. Penerbit Erlangga.
- [4] Arief, Ulfah Mediaty. 2011. *Pengujian Sensor Ultrasonik PING Untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air*. Jurnal Ilmiah “Elektrikal Enjiniring” UNHAS. Volume 09/No. 2/Mei-Agustus/2011.
- [5] Damastuti, A.P. 1997. *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Wacana Edisi No. 8 Mei – Juni 1997.
- [6] Gunawan, Andar, dkk. 2013. *Kaji Eksperimental Turbin Air Skala Kecil Untuk Menghasilkan Listrik*. Jurnal Rekayasa Mesin. Universitas Negeri Sriwijaya.
- [7] Gunterus, F. 1994. *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- [8] International Renewable Energy Agency (IRENA). 2017. *Renewable Energy Prospect: Indonesia, a REmap analysis, International Renewable Energy Agency (IRENA)*. Abu Dhabi : IRENA.
- [9] Jaya, Arman, dkk. 2011. *Implementasi Kontroler PID pada AVR (Automatic Voltage Regulator) untuk Pengaturan Tegangan Eksitasi Generator Sinkron 3 Fasa*. EEPIS Final Project. Surabaya : ITS.
- [10] Ningsih, Ana dkk. 2014. *Kendali Penstabil Frekuensi dan Tegangan Untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Beban Komplemen dengan Pengendali PID dan PWM*. Prosiding Seminar Nasional ReTII Ke-9 2014.
- [11] Ogata, Katsuhiko. 2010. *Modern Control Engineering 5th Edition*. USA : Perason.
- [12] Pradinata, Ryan. 2017. *Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Di PLTG CNG Jakabaring*. Thesis. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [13] Rashid, H. Muhammad. 2004. *Power Electronics, Circuit, Devices, and Application*. Power Electronics Book. Prentice Hall.
- [14] Rijono, Yon. 2004. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Edisi Revisi*. Yogyakarta : Andi.
- [15] Saleh, Azmi, dkk. 2017. *Desain Kontrol Maximum Power Point Traker (MPPT) Menggunakan Incremental Conductance (INC) Pada DC/DC Tipe Sepic*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017. P-ISSN : 2407 – 1846. E – ISSN : 2460 – 8416.
- [16] Setiawan, I. 2008. *Kendali PID untuk Proses Industri*. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- [17] Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D Cetakan XIII*. Bandung : CV. Alfabeta.
- [18] Suprihardi. 2016. *Karakter AVR Sebagai Penstabil Tegangan Aplikasi Pada Generator Sinkron Pembangkit Mikrohidro*. Jurnal Litek Vol 13, No.1 2016.
- [19] <https://www.facebook.com/dinamomagnetpermanen/>.