

# Simulasi Pengaturan Putaran Otomatis pada Pembangkit Tenaga Mikrohidro Berbasis Arduino dengan Pengendali Jarak Jauh

**Suwarti**

Dosen Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang  
 Jl. Prof. Sudarto, S.H., Tembalang, Semarang,  
 50275, PO BOX 6199 / SMS Telp. (024) 7473417, 7499585, Faks. (024) 7472396  
 Email: [suwarti0707@gmail.com](mailto:suwarti0707@gmail.com)

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat pengaturan putaran konstan otomatis pada turbin terhadap perubahan tahanan dengan menggunakan program arduino, dan membuat pengendali jarak jauh. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian putaran konstan pada mikrohidro pada variabel tahanan yang berbeda yaitu tahanan nol ohm, 84.4 ohm, 38.45 ohm, 23.66 ohm, dan 15.52 ohm serta pengujian pengendali jarak jauh dengan menggunakan website. Parameter uji yang diukur adalah putaran turbin, arus dan tegangan. Data yang didapat dari pengujian simulasi pengaturan otomatis pada mikrohidro yaitu besarnya nilai error dan grafik hubungan putaran terhadap tahanan. Hasil pembuatan pengaturan putaran otomatis pada mikrohidro terhadap perubahan tahanan dengan nilai setting putaran 1000 rpm yaitu pada tahanan 0 ohm memiliki error 3,6% , tahanan 84.4 ohm dengan error 3,12% , tahanan 38.45 ohm dengan error 4,8% tahanan, 23.66 ohm dengan error 2,8% dan tahanan 25.52 ohm dengan error 4%. Nilai error terkecil pada 23.66 ohm sebesar 2.8% sedangkan nilai error terbesar pada 15.52 ohm sebesar 4.8%. Nilai error terbesar yaitu 4,8%.

**Kata kunci** : mikrohidro, arduino, putaran konstan

## Abstraks

The purpose of this final task is to make automatic constant rotation settings in the turbine to the load changes by using arduino program, and make the remote control. The method used in this final project is to conduct constant rotation testing on microhydro on different load variable that is zero ohmage load, 84.4 ohm, 38.45 ohm, 23.66 ohm, and 15.52 ohm as well as testing the remote control using website. The measured test parameters are turbine rotation, current and voltage. The data obtained from the automatic simulation testing of microhido that is the amount of error and graph of the relationship of rotation to the load. The result of automatic rotation arrangement on microhydro to load changes with setting value of 1000 rpm at 0 ohm has 3.6% error, 84.4 ohm load with 3.12% error, 38.45 ohm load with 4.8% load error, 23.66 Ohms with a 2.8% error and 15.52 ohm load with 4% error. The smallest error value at 23.66 ohms of 2.8% while the largest error value at 15.52 ohms of 4.8%. The biggest error value is 4.8%.

**Keywords:** microhydro, arduino, constant rotation

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Ana Ningsih (2014: 85) Mikrohidro adalah sumber pembangkit listrik terbatas yang memanfaatkan ketinggian aliran air pada level tertentu di sungai, yang kemudian digunakan untuk memutar turbin dan disambungkan ke generator, sehingga generator tersebut menghasilkan sumber energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk sesuatu yang berguna. Dalam pembuatan mikrohidro diperlukan sebuah perancangan agar mikrohidro tersebut bekerja secara optimal, salah satunya yaitu mengatur putaran motor generator dalam keadaan tetap agar tegangan dan frekuensi yang dihasilkan stabil.

Pembangkitan listrik tenaga mikrohidro, pemakaian beban peralatan listrik masyarakat tidak dapat diatur. Perubahan pemakaian beban dapat mempengaruhi frekuensi dan putaran generator berubah. Untuk menjaga frekuensi dan putaran sesuai spesifik generator perlu adanya pengaturan system pembangkit terhadap debit, arus penguatan dan penggantian beban.

### Tujuan

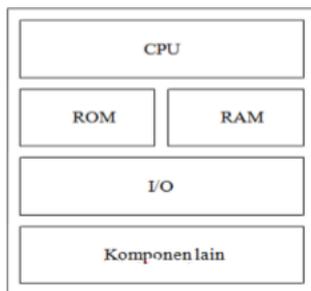
Menanggapi hal tersebut, penulis mencoba untuk membuat pengaturan putaran otomatis untuk Pembangkit Tenaga Mikrohidro sehingga frekuensi serta tegangan output generator tetap terjaga Dengan hal ini besar harapan penulis dapat membantu memberikan informasi sebagai

referensi seputar pengendalian putaran pada Pembangkit Tenaga Air.

## KAJIAN PUSTAKA

### Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah IC (*integrated circuit*) yang di dalamnya terdapat CPU, ROM, RAM, dan I/O. Dengan adanya CPU tersebut maka mikrokontroler dapat melakukan proses berfikir berdasarkan program yang telah diberikan kepadanya. Mikrokontroler juga disebut sebagai komputer yang berukuran kecil sehingga sebuah baterai dapat memberikan daya. Mikrokontroler terdiri dari beberapa bagian seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Bagian Mikrokontroler **Central Processing Unit (CPU)**

**Central Processing Unit (CPU)** merupakan bagian utama dalam suatu mikrokontroler. CPU pada mikrokontroler ada yang berukuran 8 bit ada pula yang berukuran 16 bit. CPU ini akan membaca program yang tersimpan di dalam ROM dan melaksanakannya.

### Read Only Memory (ROM)

ROM merupakan suatu memori (alat untuk mengingat) yang sifatnya hanya dibaca saja. Program tersimpan dalam format biner ('0' atau '1').

### Random Acces Memory (RAM)

RAM adalah jenis memori selain dapat dibaca juga dapat ditulis berulang kali

### Input / Output (I/O)

Komunikasi dengan dunia luar, maka mikrokontroler menggunakan terminal I/O (port I/O), yang digunakan untuk masukan atau keluaran.

### Komponen Pendukung

Beberapa mikrokontroler memiliki timer/counter, ADC (*Analog to Digital Converter*), dan komponen lainnya. Pemilihan komponen tambahan yang sesuai dengan tugas mikrokontroler akan sangat membantu perancangan sehingga dapat mempertahankan ukuran yang kecil.

### Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega328 yang memiliki 14 pin digital input/output (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, clock speed 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICPS, dan tombol reset. Board ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya eksternal dengan adaptor AC-DC atau baterai.



Gambar 2. Board Arduino Uno Spesifikasi *Board* Arduino Uno :

- Chip mikrokontroler Atmega 328P
- Tegangan operasi 5V
- Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC) 7V - 12V
- Tegangan input (limit, via jack DC) 6V - 20V
- Digital I/O pin 14 buah, 6 diantara menyediakan PWM
- Analog Input pin 6 buah
- Arus DC per pin I/O 20 mA
- Arus DC pin 3.3V 50 mA
- Memori Flash 32 KB, 0.5 KB telah digunakan untuk *bootloader*
- SRAM 2 KB
- EEPROM 1 KB
- Clock speed 16 Mhz
- Dimensi 68.6 mm x 53.4 mm
- Berat 25 g

### Arduino Ethernet Shield

Arduino Ethernet Shield adalah alat yang dapat menghubungkan arduino ke internet. Dengan cara memasang modul ke papan arduino melalui kabel RJ45 dapat terhubung dengan internet.



Gambar 3. Board Ethernet Shield PHP (Hypertext Preprocessor)

PHP digunakan sebagai bahasa script server-side dalam pengembangan web yang disisipkan pada dokumen HTML.

**MySQL**

MySQL merupakan database yang reliabel yang dapat digunakan sebagai database server. Multiplatform adalah jawabannya. MySQL pada dasarnya ialah sebuah aplikasi under shell, artinya untuk mengkonfigurasi. Alasan mengapa menggunakan MySQL ialah selain mudah instalasinya juga database ini mampu menampung *recorcd* sebanyak ratusan giga. Selain itu dengan PHP yang mempunyai fungsi sendiri untuk mengakses MySQL

**HTML**

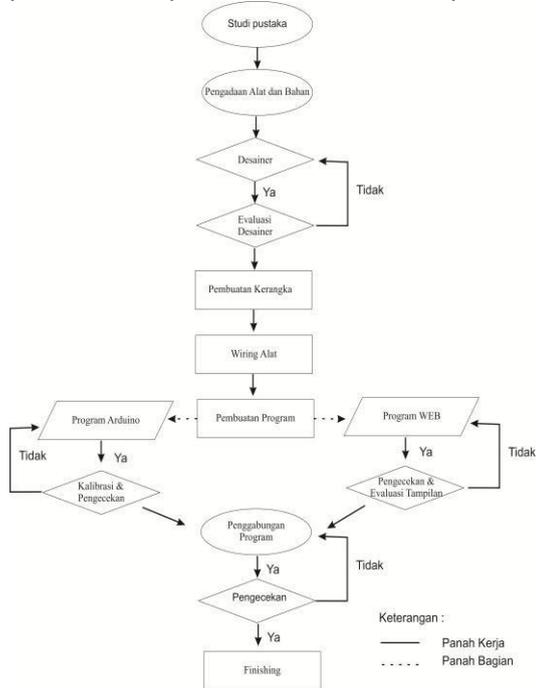
HTML (*Hypertext Mark up Language*) merupakan metode untuk mengaplikasikan konsep *hypertext* dalam suatu naskah atau dokumen. HTML bukan tergolong pada suatu bahasa pemrograman karena sifatnya hanya memberi tanda atau (*marking up*) pada suatu naskah teks dan bukan sebagai program. Pada arduino Ethernet shield, HTML adalah sarana untuk menampilkan teks di halaman web server. Dengan HTML kita dapat mengakses internet dengan menampilkan teks di web server.

**Javascript**

Javascript adalah bahasa yang berbentuk kumpulan skrip yang pada fungsinya berjalan pada suatu dokumen HTML, sepanjang sejarah internet bahasa ini adalah bahasa skrip pertama untuk web. Bahasa ini adalah bahasa pemrograman untuk memberikan kemampuan tambahan terhadap bahasa HTML dengan mengijinkan pengeksekusian perintah perintah di sisi user, yang artinya di sisi browser bukan di sisi server web. Javascript bergantung kepada browser (*navigator*) yang memanggil halaman web yang berisi skrip-skrip dari Javascript dan tentu saja terselip di dalam dokumen HTML.

**METODE PELAKSANAAN**

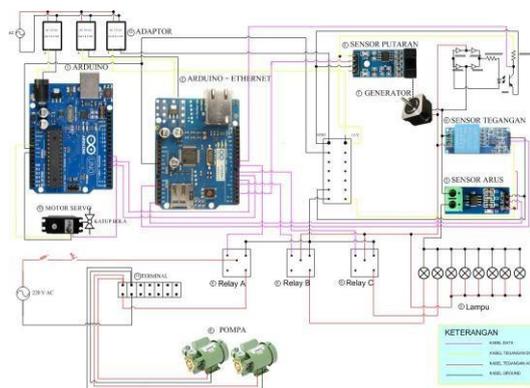
Perancangan dilakukan untuk memudahkan penggambaran dan perencanaan sebuah pelaksanaan pembuatan, dalam tahap ini terdapat:



Gambar 4. Diagram Blok Perancangan Alat

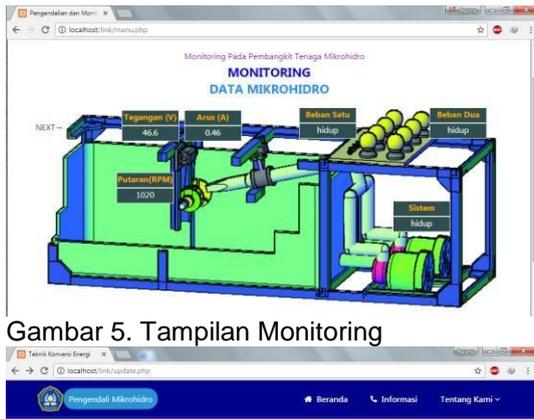
**HASIL DAN PEMBAHASAN Wiring Alat**

Pengintalasian kontrol dalam wiring ini meliputi: arduino, sensor tegangan (ZMPT101B), sensor arus (ACS712), sensor putaran (LM393), motor servo, generator, tegangan sumber 5 v, dan pompa.

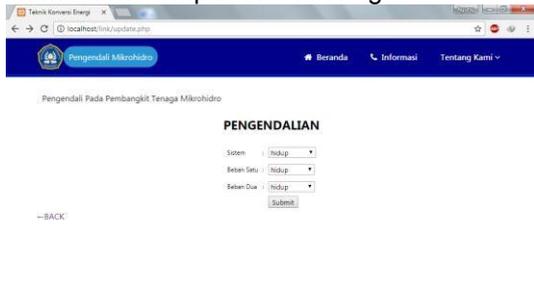


Gambar 4. Wiring Alat Tampilan Web

Merupakan hasil perancangan program web yang dibuat



Gambar 5. Tampilan Monitoring



Gambar 6. Tampilan Pengendalian

**Kalibrasi Sensor Tegangan**

Berdasarkan table 1. merupakan data kalibrasi sensor tegangan dan voltmeter dengan dilakukan pengujian tahanan dari 0 ohm sampai dengan

211.6 ohm. Hasil kalibrasi didapatkan error rata-rata yaitu tahanan 0 ohm yaitu error sebesar 3.45%, tahanan 82 ohm yaitu error sebesar 1.73%, tahanan 44.4 ohm yaitu error sebesar 1.36%, tahanan 24.8 ohm yaitu error sebesar 4.72% dan tahanan 16.8 ohm yaitu error sebesar 4.42%. Error yang masih dibolehkan sebesar +5% sampai -5% dari pembacaan alat ukur sebenarnya, berdasarkan data tersebut dapat dibahas bahwa saat tahanan 0 ohm sampai dengan 211.6 ohm masih dalam range error yang diperbolehkan.

Tabel 1. Kalibrasi Tegangan

Tahanan Beban (Ohm)	Tegangan (Volt)		Error (%)
	Pada Sensor	Pada alat akur voltmeter	
∞	50	52	3.85
	51	52	1.92
	50	52	3.85
	50	52	3.85
	50	52	3.85
<b>Rata-rata</b>	<b>50.2</b>	<b>52</b>	<b>3.46</b>
211.6	46	46	0.00
	48	46	4.35
	46	46	0.00
	44	46	4.35

	46	46	0.00
<b>Rata-rata</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>1.74</b>
82.0	41	40.5	1.23
	39	40.5	3.70
	39	40.5	3.70
	41	40.5	1.23
<b>Rata-rata</b>	<b>40.2</b>	<b>40.5</b>	<b>2.22</b>
44.4	37	36.5	1.37
	36	36.5	1.37
	37	36.5	1.37
	37	36.5	1.37
	36	36.5	1.37
<b>Rata-rata</b>	<b>36.6</b>	<b>36.5</b>	<b>1.37</b>
24.8	33	31.5	4.76
	33	31.5	4.76
	33	31.5	4.76
	33	31.5	4.76
	33	31.5	4.76
<b>Rata-rata</b>	<b>33</b>	<b>31.5</b>	<b>4.76</b>
16.8	31	29	6.90
	30	29	3.45
	29	29	0.00
	31	29	6.90
	31	29	6.90
<b>16.8</b>	<b>30.40</b>	<b>29</b>	<b>4.83</b>

**Kalibrasi Sensor Putaran**

Tabel 3. merupakan data hasil perhitungan error kalibrasi sensor putaran. Pada saat tahanan nol besarnya putaran rata rata yang terbaca pada sensor lebih besar dibandingkan dengan putaran rata rata yang terukur pada tachometer dengan nilai error sebesar 2,291%. Pada tahanan 211.6 ohm diperoleh nilai rata rata error sebesar 2,215%. Rata rata nilai error terkecil yaitu 1,363 % yang terjadi saat pengujian pada tahanan 82.0 ohm. Saat pengujian tahanan 44.4 ohm diperoleh nilai rata rata error yang tertinggi yaitu sebesar 3,555%. Pada tahanan 34.8 ohm diperoleh nilai rata rata error sebesar 1,741 %. Pengujian pada tahanan terakhir 16.8 ohm memiliki rata rata nilai error sebesar 1,99 %.

Tabel 2. Kalibrasi Putaran

Tahanan Beban (Ohm)	Putaran (rpm)		Error (%)
	Pada sensor	Pada Tachometer	
∞	1020	985	3.55
	1020	988	3.24
	960	985	2.54
	960	980	2.04
	1020	988	3.24
<b>Rata-rata</b>	<b>996</b>	<b>985,2</b>	2.92
211.6	840	837	0.36
	840	841	0.12
	900	837	7.53
	840	841	0.12
	860	839	2.50
<b>Rata-rata</b>	<b>856</b>	<b>839</b>	2.13
82.0	780	762	2.36
	780	764	2.09
	820	758	8.18
	765	762	0.39
	750	762	1.57
<b>Rata-rata</b>	<b>779</b>	<b>761,6</b>	2.92
44.4	680	641	6.08
	660	645	2.33
	660	640	3.13
	620	641	3.28
	660	641	2.96
<b>Rata-rata</b>	<b>656</b>	<b>641,6</b>	3.56
24.8	640	617	3.73
	635	626	1.44
	620	621	0.16
	620	622	0.32
	640	621	3.06
<b>Rata-rata</b>	<b>631</b>	<b>621,4</b>	1.74
16.8	570	572	0.35
	590	576	2.43
	590	569	3.69
	570	572	0.35
	590	572	3.15
<b>Rata-rata</b>	<b>582</b>	<b>572,2</b>	1.99

**Pengujian Web**

Tabel 4. Pengujian Web

Kondisi	Sesuai	Tidak Sesuai
Web dapat menampilkan semua program	<input type="checkbox"/>	
Web dapat terhubung dengan MySQL	<input type="checkbox"/>	
Menampilkan dan mengirim data ke database MySQL	<input type="checkbox"/>	

Dari tabel 4. program Web yang dibuat berdasarkan tampilan seluruh program, terkoneksi dengan MySQL dan dapat menampilkan dan mengirim data ke database MySQL.

**Pengujian Putaran Konstan**

Berdasarkan tabel 5. hasil putaran yang terbaca pada Web nilainya berkisar antara 960 rpm sampai 1080 rpm, sedangkan putaran yang diinginkan yaitu 1000 rpm. Pengujian pada tahanan 0 ohm sampai 80.57 ohm, nilai error terkecil sebesar 2,8 % terjadi pada tahanan 22.89 ohm dan error terbesar yaitu 4,8% pada tahanan 14.42 ohm.

Tabel 5. Pengujian Putaran Konstan

Tahanan Beban (Ohm)	n <sub>1</sub> (rpm)	n <sub>2</sub> (rpm)	Error (%)
∞	1000	1020	2
	1000	1080	8
	1000	1020	2
	1000	960	4
	1000	1020	2
	<b>Rata-rata</b>	<b>1000</b>	<b>1020</b>
80.57	1000	960	4
	1000	1020	2
	1000	1020	2
	1000	960	4
	1000	1020	2
<b>Rata-rata</b>	<b>1000</b>	<b>996</b>	<b>3,12</b>
37.24	1000	960	4
	1000	1020	2
	1000	1080	8
	1000	1080	8
	1000	1020	2
<b>Rata-rata</b>	<b>1000</b>	<b>1032</b>	<b>4,8</b>
22.89	1000	1020	2
	1000	960	4
	1000	960	4
	1000	1020	2
	1000	1020	2
<b>Rata-rata</b>	<b>1000</b>	<b>996</b>	<b>2,8</b>
14.42	1000	1080	8

	1000	1020	2
	1000	960	4
	1000	960	4
	1000	1020	2
<b>Rata-rata</b>	<b>1000</b>	<b>1008</b>	<b>4</b>

### Pengujian Mikrohidro

Tabel 6. merupakan hasil pengujian mikrohidro dengan data yang diperoleh tahanan, arus, tegangan dan putaran. Saat pengujian tahanan di rubah dari 0 ohm, 80.57 ohm, 37.23 ohm, 2.89 ohm dan 14.42 ohm dengan kontrol menjaga putaran tetap konstan sekitar 1000 Rpm. Diketahui bahwa penambahan tahanan dapat mempengaruhi arus semakin naik dengan arus terkecil pada tahanan 0 ohm sebesar 0.046 Ampere, kemudian arus terbesar pada tahanan 14.42 ohm sebesar 1.436 Ampere. Sedangkan tegangan mengalami penurunan sedikit yang semula pengujian tahanan 0 ohm sebesar 49.02 Volt dan penguji tahanan 14.42 ohm tegangan sebesar 39.354 Volt.

Tabel 6. Pengujian Mikrohidro

Tahan an Beban (ohm)	Arus (Ampe re)	Tegang an (Volt)	Putar an (Rpm )	Daya Real (watt)
∞	0,04	50,06	1020	2,0024
	0,05	48,33	1080	2,4165
	0,04	50,06	1020	2,0024
	0,05	48,33	960	2,4165
	0,05	48,33	1020	2,4165
<b>Rata-rata</b>	<b>0,046</b>	<b>49,022</b>	<b>1020</b>	<b>2,25086</b>
80,57	0,45	46,6	960	20,97
	0,44	48,33	1020	21,2652
	0,46	44,88	1020	20,6448
	0,46	44,88	960	20,6448
	0,46	44,88	1020	20,6448
<b>Rata-rata</b>	<b>0,454</b>	<b>45,914</b>	<b>996</b>	<b>20,83392</b>
37,23	0,68	44,88	960	30,5184
	0,68	44,88	1020	30,5184
	0,69	43,15	1080	29,7735

	0,69	43,15	1080	29,7735
	0,69	43,15	1020	29,7735
<b>Rata-rata</b>	<b>0,686</b>	<b>43,842</b>	<b>1032</b>	<b>30,07146</b>
22,89	1,23	43,15	1020	53,0745
	1,24	41,43	960	51,3732
	1,24	41,43	960	51,3732
	1,23	43,15	1020	53,0745
	1,24	41,43	1020	51,3732
<b>Rata-rata</b>	<b>1,236</b>	<b>42,118</b>	<b>996</b>	<b>52,05372</b>
14,42	1,44	37,97	1080	54,6768
	1,43	41,43	1020	59,2449
	1,44	37,97	960	54,6768
	1,43	41,43	960	59,2449
	1,44	37,97	1020	54,6768
<b>Rata-rata</b>	<b>1,436</b>	<b>39,354</b>	<b>1008</b>	<b>56,50404</b>

### KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

#### Kalibrasi Sensor Tegangan ZMPT101B

Pada kalibrasi sensor tegangan ZMPT101B dengan voltmeter dengan dilakukan pengujian 0 ohm hasil error sebesar 3.45%, 211.6 ohm hasil error sebesar 1.73%, 82 ohm hasil error sebesar 2.21%, 44.4 ohm hasil error sebesar 1.36%, 24.8 ohm hasil error sebesar 4.72%, dan 16.8 ohm hasil error sebesar 4.82%. Dari data tersebut, bahwa error yang didapatkan berkisar sebesar 1.36% s.d 4.82% sehingga sensor tersebut masih dalam range +5% s.d -5% dari nilai pembacaan alat ukur sebenarnya, sehingga pembacaan sensor tegangan ZMPT101B masih dalam range yang diperbolehkan.

#### Kalibrasi Sensor Putaran LM393

Setelah pengujian kalibrasi sensor putaran LM393 dengan tachometer dengan tahanan 0 ohm diperoleh hasil erro sebesar 2.92%, 211.6 ohm diperoleh hasil erro sebesar 2.21%, 82 ohm diperoleh hasil erro sebesar 1.36%, 44.4 ohm diperoleh hasil erro sebesar 3.55%, 24.8 ohm diperoleh hasil erro sebesar 1.74% dan 16.8 ohm diperoleh hasil erro sebesar 1.99%. berdasarkan data tersebut nilai error terkecil 1.36% pada tahanan 82 ohm dan nilai error terbesar 3.55% pada tahanan 44.4 ohm. Karena hasil

error masih dalam range diperbolehkan nilai error sebesar +5% atau -5% maka penggunaan sensor putaran LM393 diperbolehkan.

### Pengujian Motor Servo

Hasil pengujian motor servo dengan sinyal PWM sehingga didapatkan data yaitu:

- a. Saat sinyal PWM 100, maka putaran motor servo searah jarum jam
- b. Saat sinyal PWM 95, maka putaran motor servo berhenti
- c. Saat sinyal PWM 80, maka putaran motor servo berlawanan jarum jam.

Dari data tersebut, bahwa putaran motor servo sesuai dengan sinyal PWM yang di inputkan dalam program arduino untuk proses perintah ke motor servo.

### Pengendalian Dan Monitoring Pada Pembangkit Tenaga

Hasil pengendalian dan monitoring pengaturan otomatis pada pembangkit tenaga mikrohidro dengan jarak jauh melalui website dapat disimpulkan bahwa hasil pembacaan sensor-sensor dan pengendalian ON/OFF pada pengendalian web pada menu sistem, tahanan satu dan tahanan dua dapat berjalan sesuai program yang dibuat.

### Pengujian putaran konstan

Dalam pengujian putaran konstan terhadap perubahan tahanan sebesar 0 ohm diperoleh hasil error sebesar 3.6%, 80.57 ohm hasil error sebesar 3.12%, 37.24 ohm hasil error sebesar 4.8%, 22.89 ohm hasil error sebesar 2.8% dan 14.42 ohm hasil error sebesar 4% dengan nilai putaran yang dietting 1000 Rpm. Berdasarkan nilai error dapat dicari nilai error terkecil pada 22.89 ohm sebesar 2.8% sedangkan nilai error terbesar pada 37.24 ohm sebesar 4.8%. nilai error terbesar tersebut masih dalam range nilai error yang diperbolehkan sebesar +5% atau -5%, sehingga kerja kontrol dapat di andalkan.

### Pengujian Mikrohidro

Berdasarkan hasil pengujian mikrohidro dengan perubahan tahanan dari 0 ohm s.d 80.57 ohm, diperoleh nilai arus berbanding lurus dengan tahanan, sedangkan nilai tegangan mengalami penurunan sedikit dengan menjaga putaran tetap konstan. Berdasarkan grafik hubungan putaran terhadap tahanan diperoleh hasil kurva linier yang horizontal, kemudian grafik hubungan tegangan terhadap tahanan diperoleh kurva liner dengan penurunan sedikit terhadap penambahan tahanan. Dan grafik hubungan tahanan terhadap arus diperoleh arus berbanding lurus dengan tahanan.

Pengujian-pengujian yang telah dilakukan untuk mendapatkan kerja kontrol otomatis dapat diandalkan, berdasarkan pengujian tersebut bahwa pengaturan puran dengan pengendalian jarak jauh dapat berfungsi dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Artanto. 2012. Aplikasi Mikrokontroler ATmega8535 dan ATmega16. Yogyakarta: ANDI. (satu penulis)
- Freris Leon dan David Infield. 2008. *Renewable Energy in Power Systems*. Great Britain: CPI Antony Rowe. (dua penulis)
- Kadir Abdul. 2015. *Buku Pintar Pemrograman Arduino*. Yogyakarta: MediaKom. (satu penulis)
- Marsudi Djiteng. 2005. *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. PT Gelora Aksara Pratama. (satu penulis)
- Ningsih Ana. 2014. *Kendali Penstabil Frekuensi Dan Tegangan Untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Beban Komplemen Dengan Pengendali PID Dan PWM*. Tesis. Yogyakarta: Program Studi S2 Teknik Elektro UGM. (Tesis)
- Nugroho Hunggul dan Markus Kudeng Sallata. 2005. *PLTMH(Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro)*. Yogyakarta: ANDI. (dua penulis)
- Pudjanarsa Astu dan Djati Nursuhud. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: ANDI. (dua penulis)