

PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM PLTMH DENGAN *DUMMY LOAD* BERBASIS *ARDUINO UNO*

Skripsi

**Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai
Derajat Sarjana**



Oleh:

Geri Geraldo Salam

1800022056

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

Jurnal

**PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM PLTMH
DENGAN
DUMMY LOAD BERBASIS *ARDUINO UNO***

Yang diajukan oleh

Geri Geraldo

1800022056

Kepada

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan

Telah disetujui untuk diuji oleh:

Pembimbing,



Ahmad Raditya Cahya Baswara S.T., M.Eng

NIY. 60181167

Tanggal, 15 Juni 2023

PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM PLTMH DENGAN DUMMY LOAD BERBASIS ARDUINO UNO

Geri Geraldo Salam, Ahmad Raditya Cahya Baswara
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Article History:

Dikirimkan 01 Jun 2019
Direvisi 01 Juli 2019
Diterima 01 Agustus 2019

Keywords:

Dummy Load;
PLTMH;
Generator AC;
Sensor ZMPT101B;
Frekuensi;
Relay 1 channel;

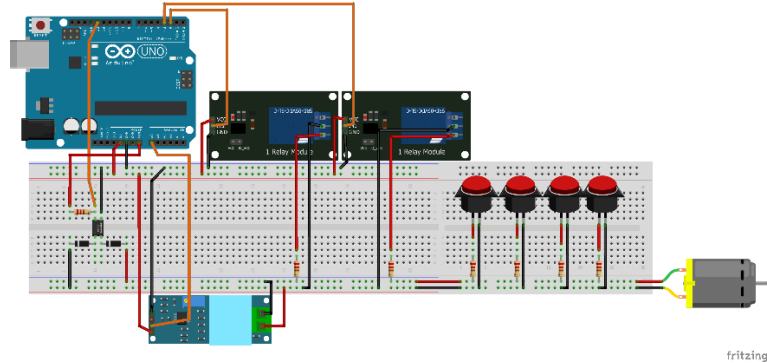
Corresponding Author:

Ahmad Raditya Cahya
Baswara,
Department of Electrical
Engineering
Universitas Ahmad
Dahlan, Bantul, Yogyakarta,
Indonesia.
Email:
ahmadradityac@ee.uad.ac.id

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



ABSTRACT (10 PT)



Listrik merupakan kebutuhan vital serta sumber daya ekonomis yang sangat dibutuhkan untuk semua masyarakat. Salah satu teknologi listrik yang bisa dihasilkan dari air adalah memanfaatkan debit air untuk diubah menjadi energi listrik atau disebut dengan PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro). Penelitian ini sudah pernah dilakukan penelitiannya akan tetapi masih perlu dilakukan pengembangan contohnya pada sistem pembebanan otomatis. Dengan bantuan relay 1 channel untuk mengontrol beban tiruan/dummy load secara otomatis. Penelitian ini menggunakan 2 simulasi pengujian yang berbeda dan rangkaian pengkabelan yang berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan pada simulasi 2 sistem dummy load tidak dapat berjalan semuanya. Dikarenakan nilai tegangan yang terbaca tidak begitu stabil oleh sensor ZMPT101B. Lonjakan dari nilai tegangan yang terbaca menyebabkan sulitnya relay menganalisa nilai tegangan kemudian menyebabkan logika pada relay terganggu dan terjadinya error pada sistem otomatis dummy load. Akan tetapi pada simulasi 1 sistem dummy load dapat bekerja dengan baik. Untuk perbandingan nilai tegangan antara multimeter dengan nilai tegangan 4.5 V (sebelum ditambah beban) dan pada Arduino IDE dengan rata – rata sebesar 4.564 V, rata – rata error sebesar -1.42222. Untuk perbandingan nilai frekuensi antara multimeter 47 Hz tanpa beban dan pada Arduino IDE dengan nilai rata – rata sebesar 47 Hz dengan rata – rata error -0.8, dari putaran generator ac dengan nilai tegangan 4.5V

Citation Document:

Author 1 and Author 2, "Title," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. xx-xx, 2021. DOI: [10.12928/biste.v3i1.xxx](https://doi.org/10.12928/biste.v3i1.xxx)

1. INTRODUCTION

Droop based controller ensures the parallel operation of power plants in power system. Such controller is also required for Micro hydro power plants to work in interconnected micro hydro power plants [1]. Nevertheless, the results of education and training (Diklat) of Micro Hydro Power Plant (PLTMH) Center for Human Resource Development Electricity, Renewable Energy and Energy Conservation (PPSDM KEBTKE) the last two low force shown by the average value of 67.6 or less satisfactory, while the graduation limit of PLTMH training is 71.0 [2].

Conventional topologies of micro-hydro power are stand-alone operation used in rural electrical network in developing countries [3]. Micro hydro plants ranging from a few hundred Watts for battery charging or food processing application upto 100KW usually provided power for small community or rural industry in remote area away from the grid [4]. Electricity consumption caused by an uncontrolled load is different depending on the number of usage [5].

ZMPT101B voltage sensor module is a voltage sensor made from the ZMPT101B voltage transformer. It has high accuracy, good consistency for voltage and power measurement and it can measure up to 250V AC [6]. In the domestic pipeline the flow of water has enough kinetic energy to rotate the blade of a small hydro turbine which in turn rotates the rotor of a generator to generate electricity in addition to the other routine activities such as laundry, cook and bathe [7].

Hydro power generation can be planned on small-scale on existing small rivers, canals etc [8]. The design proced re of micro-hydro power plant was implemenu nented by a Matlab Simulink co mputer program to calculate all the design parameters [9]. This paper presents a Fuzzy-based Maximum Power Point Tracking Solar Battery Charge Controller with backup stand-by AC generator. This study is developed to provide a maximum power point tracking battery charge controller using fuzzy logic algorithm for isolated areas that uses solar panels and AC generators [10].

Micro-hydro-electric power is both an efficient and reliable formof clean source of renewable energy. It can be an excellent method of harnessing renewable energy from small rivers and streams [11]. The main source of such generation is a micro hydropower plant. Micro hydro power plants are usually designed up to a capacity of 100 kW [12]. Moreover a controller is needed: for the wind technology to transform AC into DC and protect batteries from overcharges and deep discharges; for the PV technology to protect batteries from overcharges and deep discharges; to transform the 18 V generated current to 12 V current; and also for the micro-hydro tech- nology to adjust the generation to the consumption [13].

Micro-hydro power plants (MHPPs) are emerging as a mature balancing technology and a great alternative to large hydropower plants as they encounter population displacement and many environmental problems [14]. Generally, Electronic Load Control (ELC) used in micro hydro power plant (MHPP) to controls the voltage between consumer load and a dummy load, still detects one parameter voltage or frequency generator only [15]. The importance of the turbine in micro hydro projects with respect to our current energy scenario is also highlighted [16].

Although micro-hydroelectric power plants (MHP) are generally considered a suitable option for rural electrification in remote com- munities, there is a lack of empirical sustainability evaluations to assess the long-term performance of the projects [17]. The prototype is also equipped with a voltage, frequency, and water flow to the generator using arduino as a signal processing module [18]. Under the ‘‘Private Sector Participation in Micro-Hydro Development Project in Rwanda’’, four newly registered Rwandan companies are each constructing a micro-hydro electricity plant (100–500kW) and building a low-voltage distribution grid [19].

The generator output voltage and current will be read by Arduino as a control center using the ZMPT101B AC voltage sensor and ACS712 current sensor [20]. The basic principle of hydro power is that if water can be channelised from a higher level to a lower level, then the resulting potential energy of water can be used to do work [21]. The use of low-speed generators with permanent magnet excitation for micro-hydroelectric power plants and wind turbines is relevant in terms of providing good weight and size indicators, simplicity of construction, lack of sliding contacts, with the ability to perform a generator of low rotation speeds, which causes low cost and high reliability [22].

Whereas large hydro schemes often involve the construction of major dams and the flooding of whole valleys, micro-hydro is one of the most environmentally benign energy technologies available [23]. As a result of micro-hydro project, electrification of the community center and youth activity center has been done which are now used for many educational and social activities such as recreation of villagers, community development and awareness programs [24]. ELC functions by dumping excess energy into dummy loads when consumers switch off their loads, thereby maintaining the total load on the generator constant [25].

2. METHODS

Pada penelitian ini berfokuskan pada pembacaan nilai tegangan, frekuensi dan pengontrolan otomatis beban *dummy load* menggunakan relay 1 *channel*. Objek penelitian yang diteliti pada penelitian ini adalah

melihat reaksi penyeimbang beban dari *dummy load* ketika nilai tegangan terlalu tinggi maupun terlalu rendah, menggunakan sistem otomatis dengan logika relay 1 *channel* sebagai pemutus dan penyambung rangkaian beban *dummy load*.

2.1. Flowchart Sistem PLTMH dengan *dummy load*

Pada penelitian ini menggunakan 2 simulasi dan 2 sistem. Untuk membuat sistem otomatis dari *dummy load* diperlukan komponen relay 1 *channel* yang akan mendeteksi pembacaan tegangan menggunakan sensor ZMPT101B, jika terjadi kenaikan nilai tegangan maka relay akan otomatis terhubung ke *dummy load* dan sebaliknya jika nilai tegangan terjadi penurunan maka relay akan memutus *dummy load*. Pada simulasi 1 menggunakan komponen 1 saklar dan 1 relay dan simulasi 2 menggunakan komponen 4 saklar dan 2 relay. Nilai tegangan dan frekuensi yang diukur ditampilkan pada serial monitor pada Arduino IDE yang diproses oleh Arduino UNO. Agar sistem dari relay dapat berjalan maka perlu diprogram terlebih dahulu logika relay 1 *channel*, sensor ZMPT101B. Untuk rangkaian pembaca frekuensi tidak berpengaruh pada sistem logika relay. Pada simulasi 1 jika tegangan ≥ 4 volt maka relay akan menyala menghubungkan beban *dummy load* sehingga nilai tegangan akan turun. Pada simulasi 2, untuk relay 1 jika tegangan ≥ 3 volt maka relay 1 akan terhubung untuk menghubungkan ke beban *dummy load* serta menurunkan nilai tegangan. Untuk relay 2 jika tegangan ≥ 3.6 volt maka relay 2 akan terhubung untuk menghubungkan ke beban *dummy load*. Flowchart simulasi 1 dapat dilihat pada Gambar 1.

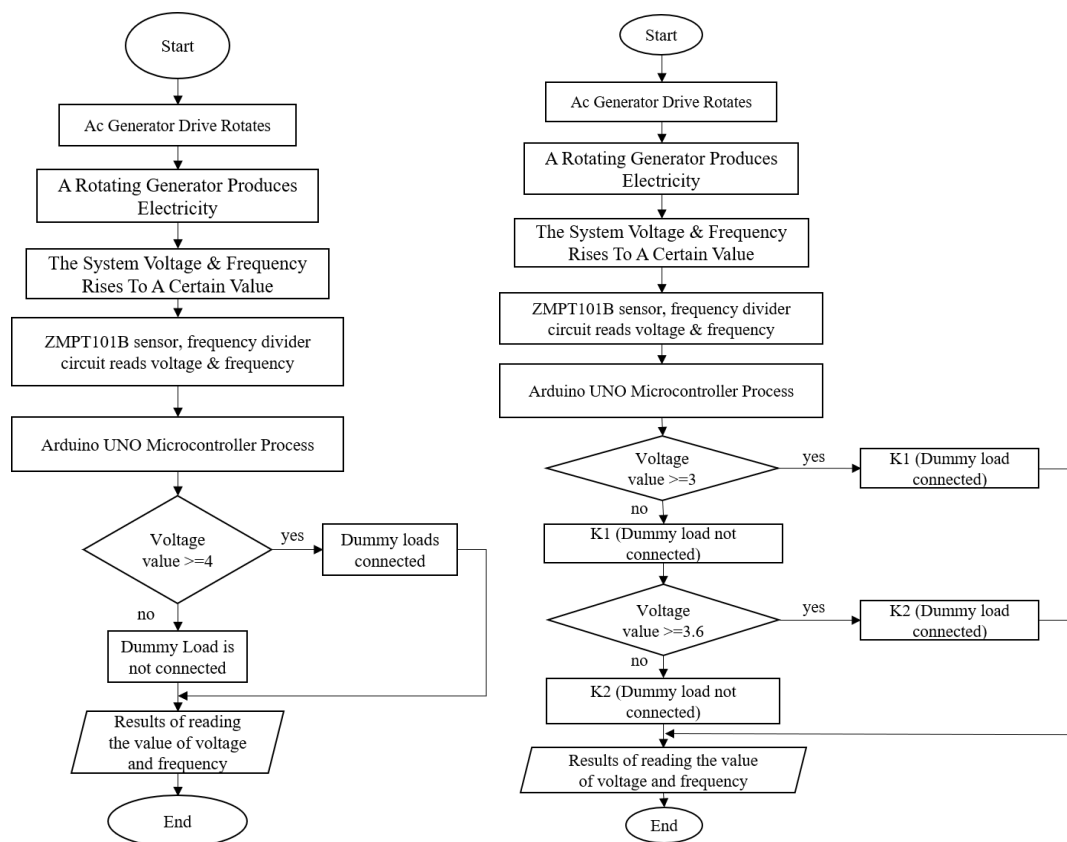


Figure 1 PLTMH System Flowchart Simulation 1 (left) and Simulation 2 (right).

2.2. Diagram Blok Sistem

Pada penelitian ini menggunakan sistem switch/pengalihan otomatis dari relay 1 *channel* untuk menghubungkan dan memutus beban *dummy load* dari peralihan beban asli/*actual load* yang dikontrol manual menggunakan saklar. Jika beban *actual load* tidak terhubung maka beban *dummy load* yang terhubung sebagai pengganti dari kekurangan beban digunakan yang dihubungkan ke generator ac. Pengontrolan sistem ini bekerja pada pembacaan nilai tegangan. Diproses menggunakan Arduino UNO kemudian di transfer ke Arduino IDE. Diagram blok sistem PLTMH Simulasi 1 dan simulasi 2 dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

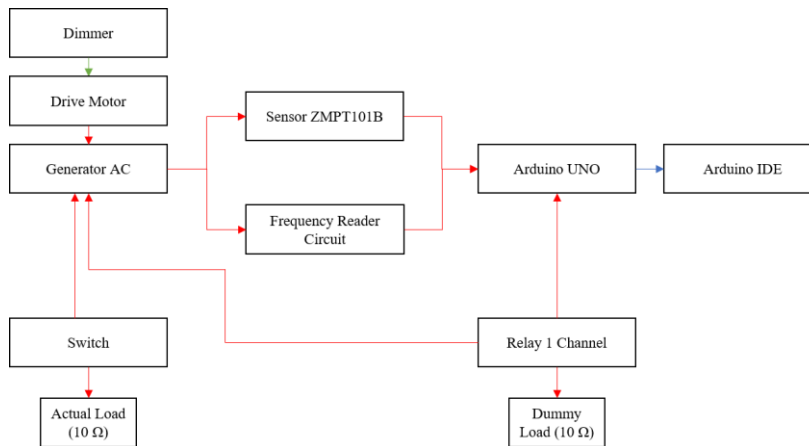


Figure 2 Simulation 1 PLTMH system block diagram

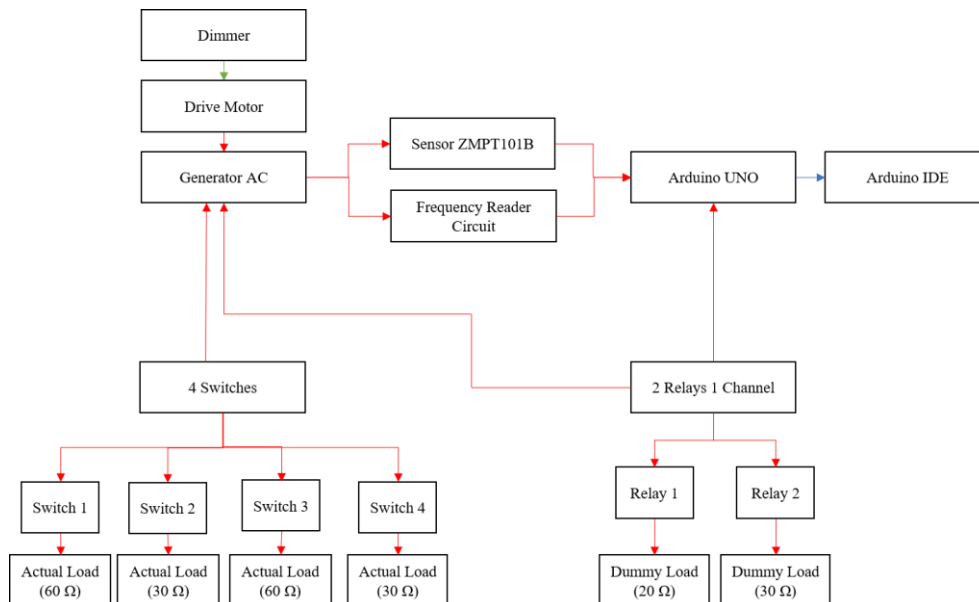


Figure 3 Simulation 2 PLTMH system block diagram

Keterangan warna arah panah :

1. Panah warna hijau : panah daya mekanik
2. Panah warna merah : panah aliran listrik
3. Panah warna biru : panah aliran informasi

2.3. Diagram Pengkabelan Sistem

Pada penelitian ini memiliki 3 rangkaian yang berbeda dikarenakan terdapat 3 simulasi pengujian. Komponen sistem dummy load yang digunakan hanya menggunakan 1 relay 1 channel yang terhubung ke resistor 10 Ohm. Diagram pengkabelan atau wiring simulasi 1 dan simulasi 2 pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

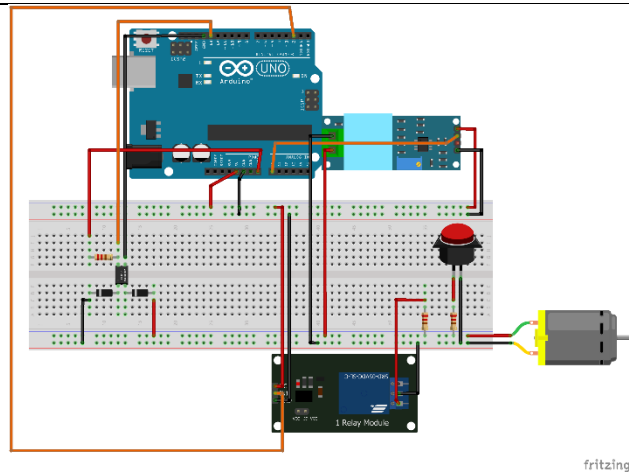


Figure 4 Wiring diagram or Wiring simulation 1

Caption :

- | | |
|--|--------------------|
| 1. 2 1n4007 diodes | 6. Relay 1 channel |
| 2. 1 resistor 10k ohm untuk rangkaian frekuensi | 7. Sensor ZMPT101B |
| 3. 1 optocoupler pc817 | 8. Arduino UNO R3 |
| 4. 2 buah resistor 10 ohm untuk beban <i>dummy load</i> dan <i>actual load</i> | 9. Generator AC |
| 5. Saklar <i>on-off</i> | |

Arduino UNO pins connected to circuits/components can be seen in Table 1.

Table 1 Data output pin table from simulation 1

Arduino Uno Pins	Sensor/Reader Circuit
A0	ZMPT 101B
D13	Frequency reader circuit
D2	Relay 1

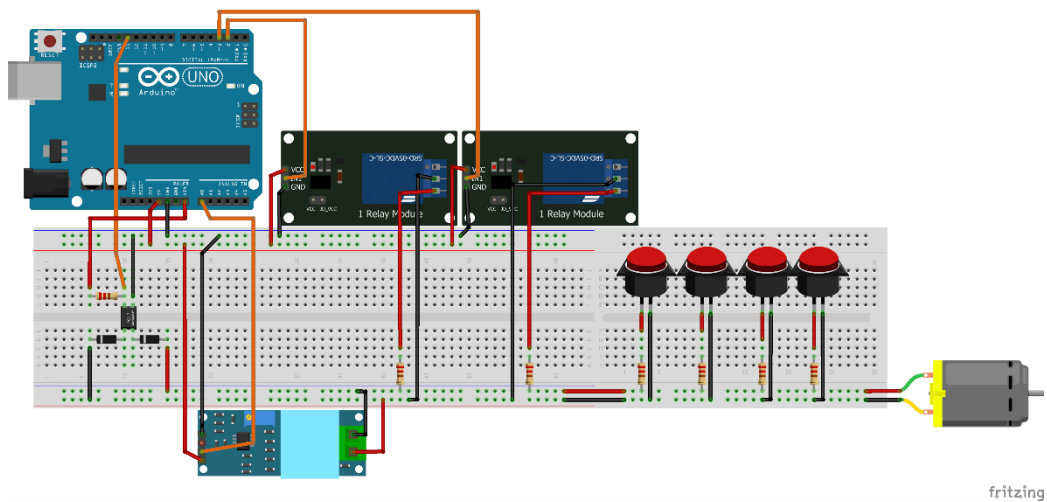


Figure 5 Wiring diagram or Wiring simulation 2

- | | |
|---|--|
| 1. 2 dioda 1n4007 | 7. 1 resistor 30 ohm untuk beban <i>dummy load</i> |
| 2. 1 10k ohm resistor for the frequency circuit | 8. 1 resistor 20 ohm untuk beban <i>dummy load</i> |
| 3. 1 optocoupler pc817 untuk rangkaian frekuensi | 9. 2 Relay 1 channel |
| 4. 4 Saklar <i>on-off</i> | 10. 1 ZMPT101B Sensors |
| 5. 2 resistor 60 ohm untuk beban <i>actual load</i> | 11. 1 Arduino UNO R3 |
| 6. 2 resistor 30 ohm untuk beban <i>actual load</i> | 12. Generator AC |
- Pin *Arduino UNO* yang terhubung ke rangkaian/komponen dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2 Data output pin table from simulation 2.

Arduino Uno Pins	Sensor/Reader Circuit
A0	ZMPT 101B
D13	Frequency reader circuit
D2	Relay 1
D3	Relay 2

Tampilan fisik rangkaian pengkabelan sistem dari PLTMH dengan *dummy load* berbebasis *Arduino UNO* dapat dilihat pada Gambar 6.

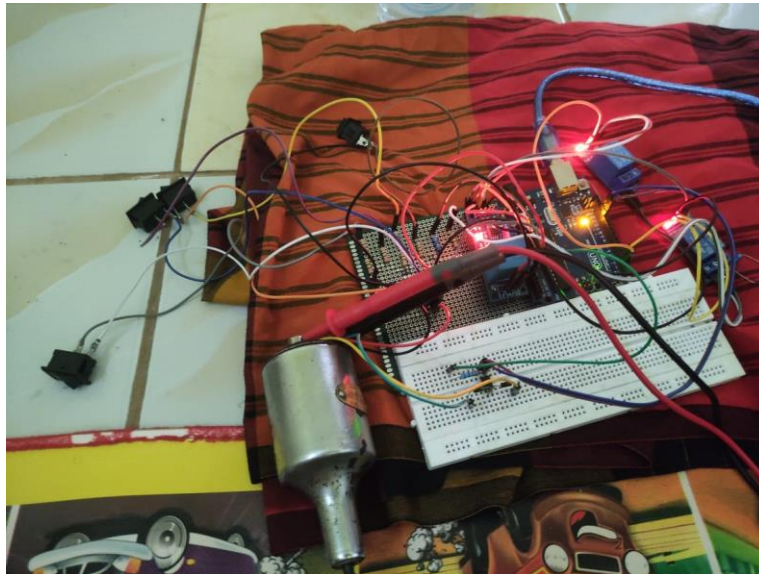


Figure 6 System wiring PLTMH tool series

Tampilan fisik rangkaian alat PLTMH didalam kotak dapat dilihat pada Gambar 7

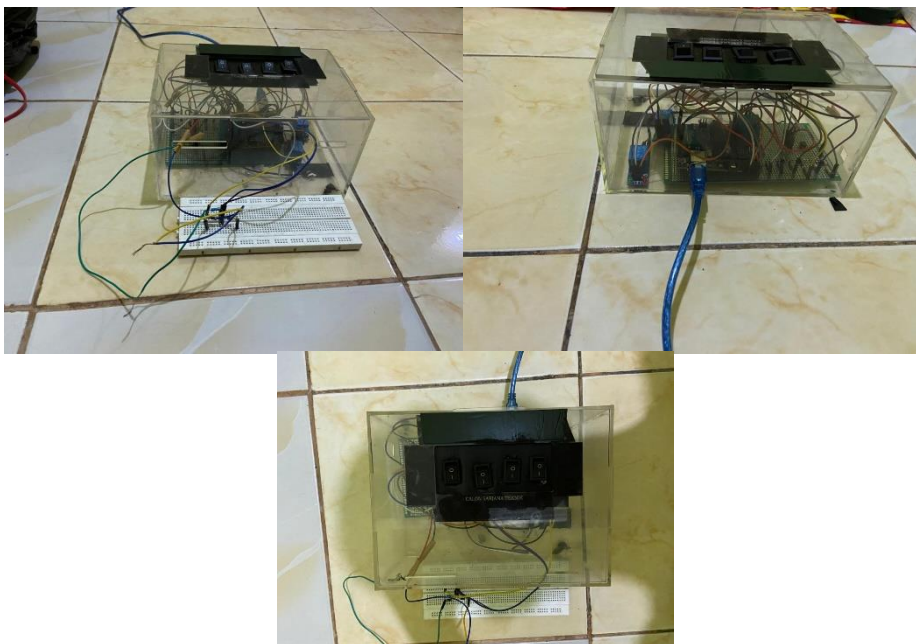


Figure 7 System wiring PLTMH tool kit box

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. Pengujian Nilai Tegangan Pada Software Arduino IDE Setelah Ditambah Beban Actual load Dan Dummy load

Pada pengujian kali ini, pengambilan nilai tegangan dengan menambahkan beban actual load dan beban *dummy load*. Tapi sebelum itu, nilai awal tegangan tanpa beban sebesar 4,5 V yang sudah di ukur menggunakan multimeter terlebih dahulu. Pada pengujian ini terdapat 2 simulasi pengujian.

3.1 Pengujian Menggunakan 1 Beban Actual load Dan 1 Relay Dummy load Otomatis (Simulasi 1)

Pada pengujian ini, terdapat 2 buah beban diantaranya 1 actual load yang dikontrol menggunakan saklar untuk menghubungkan rangkaiannya dan 1 dummy load yang dihubungkan ke relay input pin 2 pada Arduino UNO, masing masing beban memiliki nilai hambatan listrik sebesar 10 Ohm. Pada pengujian ini relay di program pada Arduino IDE dengan batasan logika (jika nilai tegangan < 2 maka relay akan mati dan jika nilai tegangan >=4 maka relay akan menyala). Akan tetapi untuk menyalakan relay nilai tegangan harus menyentuh nilai 3 V terlebih dahulu, jika nilai tegangan belum menyentuh nilai 3 V, misal 2,99 V, maka relay tidak akan merespon dan tetap mati. Tetapi jika nilai tegangan lebih dari 3 V, misal 3,35 V maka relay akan menyala dan jika nilai tegangan yang terbaca diatas 2 V maka relay akan tetap menyala dan jika dibawah nilai 2 V, misal 1,99 V, maka relay akan mati.

1. Saklar (R = 10 Ohm)

Pada pengujian ini menggunakan saklar sebagai pengontrol beban actual load dengan nilai hambatan dari beban 10 Ohm. Tabel pengujian dapat dilihat pada Tabel 3

Table 3 Voltage value on Arduino IDE 1 actual load

Load (Ω)	Voltage value on Arduino IDE (V)	Voltage value on Multimeter (V)	Switch condition (R)	Relay condition (K)
No-load	4,5	4,5	Off	Off
R (10 ohm)	2,97	2,7	On	Off
R (10 ohm)	2,98	2,7	On	Off
R (10 ohm)	2,93	2,7	On	Off
R (10 ohm)	2,97	2,7	On	Off
R (10 ohm)	2,94	2,7	On	Off
R1 (10 ohm)	2,95	2,7	On	Off
<i>Rata – rata sensor</i>	2,956667			

Dari tabel 3 menunjukkan hasil, ketika generator dihubungkan ke beban maka nilai tegangan akan turun. Pada pengujian ini dilakukan saklar dalam kondisi menyala sehingga relay tidak memenuhi syarat agar merespon nilai tegangan yang terbaca untuk dapat menyala. Sehingga mendapat nilai rata – rata pembacaan sensor ZMPT10B yang dihubungkan ke 1 beban *actual load*, sebesar 2,95 V.

2. Relay (K = 10 Ohm)

Pada pengujian ini menggunakan relay menggunakan sistem otomatis dari relay tersebut yang akan mengontrol tersambung dan terputusnya ke beban *dummy load* dengan spesifikasi beban nilai hambatan 10 Ohm. Tabel pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Table 4 The voltage value on Arduino IDE 1 is dummy load

Beban (Ω)	Nilai tegangan pada Arduino IDE (V)	Nilai tegangan pada Multimeter (V)	Kondisi saklar (R)	Kondisi relay (K)
Tanpa beban	4,5	4,5	Off	Off
K (10 ohm)	2,96	2,9	Off	On
K (10 ohm)	2,91	2,9	Off	On
K (10 ohm)	2,83	2,9	Off	On
K (10 ohm)	2,91	2,9	Off	On
K (10 ohm)	2,79	2,9	Off	On
K (10 ohm)	2,85	2,9	Off	On
<i>Rata – rata sensor</i>	2,87			

Dari tabel 4 menunjukkan hasil, ketika generator dihubungkan ke beban maka nilai tegangan akan turun. Pada pengujian ini dilakukan saklar dalam kondisi mati sehingga relay memenuhi syarat agar merespon nilai tegangan yang terbaca. Dalam pengujian ini relay dalam kondisi menyala secara konstan, dikarenakan nilai tegangan yang terbaca sudah menyentuh >= 4 dan nilai tegangan yang terbaca tidak menyentuh angka

< 2 V, sesuai pada perintah program *Arduino IDE*. Sehingga mendapat nilai rata – rata pembacaan sensor ZMPT10B yang dihubungkan ke 1 beban *actual load*, sebesar 2,875 V.

3.2. Pengujian Menggunakan 4 Beban *Actual load* Dan 2 Beban *Dummy load* (Simulasi 2)

Pada pengujian ini nilai awal tegangan 4,5 V yang di uji pada multimeter terlebih dahulu sebelum menggunakan beban. Pengujian ini menggunakan alat ukur multimeter dan sensor ZMPT101B sebagai perbandingan. Pada pengujian ini memiliki beban sebanyak 6 beban. Diantaranya 4 beban *actual load* dan 2 beban *dummy load* yang dihubungkan. Rangkaian 4 beban *actual load* dihubungkan ke 4 buah saklar. Setiap saklar terdiri dari 1 beban *actual load* dengan nilai hambatan yang berbeda. Saklar 1 (R1) dihubungkan ke resistor dengan nilai hambatan sebesar 60 Ohm. Saklar 2 (R2) dihubungkan ke resistor dengan nilai hambatan sebesar 30 Ohm. Saklar 3 (R3) dihubungkan ke resistor dengan nilai hambatan sebesar 60 Ohm. Saklar 4 (R4) dihubungkan ke resistor dengan nilai hambatan sebesar 30 Ohm. Adapun rangkaian beban *dummy load* dihubungkan ke 2 buah relay 1 channel. Beban *dummy load* relay 1 (K1) menggunakan input pin 2 pada *Arduino UNO* dengan nilai hambatan sebesar 20 Ohm dan beban *dummy load* relay 2 dan (K2) menggunakan input pin 3 pada *Arduino UNO* dengan nilai hambatan sebesar 30 Ohm. Pada pengujian ini relay di program pada *Arduino IDE* dengan batas logika program Relay 1 (K1) = jika nilai tegangan < 2 maka relay 1 akan mati, jika nilai tegangan >= 3 maka relay 1 akan menyala. Relay 2 (K2) = jika nilai tegangan < 2,4 maka relay 2 akan mati dan jika nilai tegangan >=3,6 maka relay 2 akan menyala.

Keterangan :

R1 = Saklar 1 (60 Ohm) K1 = Relay 1 (20 Ohm)

R2 = Saklar 2 (30 Ohm) K2 = Relay 2 (30 Ohm)

R3 = saklar 3 (60 Ohm)

R4 = Saklar 4 (30 Ohm)

1. Rangkaian paralel R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)

Pada pengujian nilai tegangan ini menggunakan 1 saklar yang terhubung ke 1 beban *actual load* 60 Ohm dan 2 relay yang terhubung secara otomatis ke beban *dummy load* dengan nilai hambatan relay 1 sebesar 20 ohm dan dan relay 2 sebesar 30 ohm. Data dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5 Voltage value after adding 1 *actual load* and 2 *dummy loads*

Beban (Ω)	Pada <i>Arduino IDE</i> (V)	Pada Multimeter(V)	Kondisi saklar (R1)	Kondisi relay (K1,K2)
Tanpa beban	4,5	4,5	Off	Off
R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)	4,24	2,7	R1 on	K1 off, K2 off
R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)	2,71	2,7	R1 on	K1 on, K2 on
R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)	2,92	2,7	R1 on	K1 on, K2 on
R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)	2,65	2,7	R1 on	K1 on, K2 on
R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)	2,94	2,7	R1 on	K1 on, K2 on
R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)	2,90	2,7	R1 on	K1 on, K2 on
R1//K1//K2 (60 Ohm//20 Ohm//30 Ohm)	2,83	2,7	R1 on	K1 on, K2 on
<i>Rata – rata sensor</i>	2,82			

Dari tabel 5 menunjukkan hasil, ketika generator dihubungkan ke beban maka nilai tegangan akan turun. Pada pengujian ini menghasilkan nilai rata – rata dari sensor sebesar 2,825 V..

2. Rangkaian paralel R1//R2//K1 (60 Ohm//30 Ohm//20 Ohm)

Pada pengujian nilai tegangan ini menggunakan 2 saklar yang terhubung ke 2 beban *actual load* dengan nilai hambatan saklar 1 60 Ohm dan saklar 2 30 Ohm serta 1 relay yang terhubung ke 1 beban *dummy load* secara otomatis dengan nilai hambatan relay 1 sebesar 20 ohm. Data dapat dilihat pada Tabel 6.

Table 6 Voltage value after adding 1 actual load and 2 dummy loads

Beban (Ω)	Pada Arduino IDE (V)	Pada Multimeter(V)	Kondisi saklar (R1,R2)	Kondisi relay (K1)
Tanpa beban	4,5	4,5	Off	Off
R1//R2//K1 (60 Ohm//30 Ohm//20 Ohm)	2,73	2,8	R1 on, R2 on	K1 On
R1//R2//K1 (60 Ohm//30 Ohm//20 Ohm)	2,95	2,8	R1 on, R2 on	K1 On
R1//R2//K1 (60 Ohm//30 Ohm//20 Ohm)	2,82	2,8	R1 on, R2 on	K1 On
R1//R2//K1 (60 Ohm//30 Ohm//20 Ohm)	2,50	2,8	R1 on, R2 on	K1 On
R1//R2//K1 (60 Ohm//30 Ohm//20 Ohm)	2,62	2,8	R1 on, R2 on	K1 On
R1//R2//K1 (60 Ohm//30 Ohm//20 Ohm)	2,27	2,8	R1 on, R2 on	K1 On
<i>Rata – rata sensor</i>	2,64			

Dari tabel 6 menunjukkan hasil, ketika generator dihubungkan ke beban maka nilai tegangan akan turun. Pada pengujian ini menghasilkan nilai rata – rata dari sensor sebesar 2,64 V.

3. Rangkaian paralel R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)

Pada pengujian ini menggunakan 3 saklar dengan masing – masing nilai hambatan beban yang berbeda dan relay 2 yang memiliki nilai hambatan 30 Ohm. Akan tetapi terjadi error sistem logika yang menyebabkan relay 1 dan relay 2 saling bertabrakan dikarenakan terjadinya lonjakan nilai tegangan dari pembacaan nilai tegangan sensor ZMPT101B, yang seharusnya relay 1 dalam kondisi mati dan relay 2 menyala. Pada relay 1 diberi input batas logika jika nilai tegangan yang terbaca < 2 V maka relay 1 akan mati dan jika nilai tegangan yang terbaca ≥ 3 V maka relay 1 akan menyala. Kemudian pada relay 2 diberi input batas logika jika nilai tegangan yang terbaca $< 2,4$ V maka relay 2 akan mati dan jika $\geq 3,6$ maka relay 2 akan menyala seperti pada pengujian pertama yaitu saklar 1 menyala (R1), relay 1 dan relay 2 menyala (K1 dan K2 menyala). Pengujian 3 saklar dan relay 2 dapat dilihat pada Tabel 7.

Table 7 The voltage value is 3 actual loads and 1 dummy load

Beban (Ω)	Pada Arduino IDE (V)	Pada Multimeter(V)	Kondisi saklar (R1,R2,R3,R4)	Kondisi relay (K1,K2)
Tanpa beban	4,5	4,5	Saklar off	Relay off
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	2,76	2,4	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 on
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	2,37	2,7	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 on
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	4,60	4,5	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 off
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	3,05	3	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 off
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	2,54	2,4	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 on
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	2,13	2,3	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 on

Beban (Ω)	Pada <i>Arduino IDE</i> (V)	Pada Multimeter(V)	Kondisi saklar (R1,R2,R3,R4)	Kondisi relay (K1,K2)
Ohm//60 Ohm//20 Ohm)				
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	5,81	4,5	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 off
R1//R2//R3//K2 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//20 Ohm)	2,37	2,4	R1 on, R2 on, R3 on	K1 on, K2 on

Ketika akan dilakukan pengujian, saklar 1, 2 dan 3 dinyalakan, nilai yang terbaca adalah > 3 V pada serial monitor, mengakibatkan relay 1 juga ikut merespon dikarenakan nilai tegangan yang terbaca > 3 . Jika batas logika relay 1 dinaikkan misal $\geq 3,5$, maka pada pengujian R1 + R2 + K1 logika dari relaynya akan ikut terganggu. Pembacaan nilai tegangan dari sensor ZMPT101B pun tidak seutuhnya bisa stabil, terkadang mengalami lonjakan yang cukup drastis. Misal tegangan yang diukur pada multimeter 3,5 V, maka pada program Arduino IDE menggunakan sensor ZMPT101B nilai tegangan yang terbaca bisa dari 3,01 V hingga 3,99 V yang mengakibatkan sistem logika pada relay 1 dan relay 2 susah untuk didapatkan batas logikanya. Dan jika relay 1 diberi input batas logika $< 2,7$ dimana lebih besar dari batas logika matinya relay 2 maka sistem logika pada pengujian sebelumnya ikut terganggu. Dapat disimpulkan pengujian dengan 3 saklar dan menggunakan relay 2 ini terjadi error sistem pada logika relay 1 dan 2 atau dapat dikatakan belum berhasil.

4. Rangkaian paralel R1//R2//R3//R4 (60 Ohm//30 Ohm// 60 Ohm//30 Ohm)

Pada pengujian nilai tegangan ini menggunakan 4 buah saklar yang dihubungkan ke 4 dummy load dengan masing – masing nilai hambatan pada beban yang berbeda. Pada pengujian kali ini semua relay dalam kondisi mati dikarenakan nilai tegangan yang terbaca tidak memenuhi syarat dari program relay 1 dan 2 untuk merespon menyala. Data dapat dilihat pada Tabel 8.

Table 8 Voltage value 4 load actual load

Beban (Ω)	Pada <i>Arduino IDE</i> (V)	Pada Multimeter(V)	Kondisi saklar (R1,R2,R3,R4)	Kondisi relay (K1,K2)
Tanpa beban	4,5	4.5	Off	Off
R1//R2//R3//R4 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//30 Ohm)	2,51	2,7	Semua on	Semua Off
R1//R2//R3//R4 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//30 Ohm)	2,42	2,7	Semua on	Semua Off
R1//R2//R3//R4 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//30 Ohm)	2,60	2,7	Semua on	Semua Off
R1//R2//R3//R4 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//30 Ohm)	2,71	2,7	Semua on	Semua Off
R1//R2//R3//R4 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//30 Ohm)	2,93	2,7	Semua on	Semua Off
R1//R2//R3//R4 (60 Ohm//30 Ohm//60 Ohm//30 Ohm)	2,86	2,7	Semua on	Semua Off
<i>Rata - rata</i>	2,67			

Dari Tabel 8 menunjukkan hasil, ketika generator dihubungkan ke beban maka nilai tegangan akan turun. Pada pengujian ini menghasilkan nilai rata – rata dari sensor sebesar 2,67 V.

5. Rangkaian paralel K1//K2 (20 Ohm//30 Ohm)

Pada pengujian nilai tegangan ini semua saklar dalam kondisi off. Akan tetapi beban yang terhubung adalah 2 beban relay yang terhubung beban dummy load secara otomatis dengan nilai hambatan relay 1 sebesar 20 ohm dan relay 2 30 ohm. Data dapat dilihat pada Tabel 9.

Table 9 Voltage value 2 load dummy load

Beban (Ω)	Pada Arduino IDE (V)	Pada Multimeter (V)	Kondisi saklar (R1,R2,R3,R4)	Kondisi relay (K1,K2)
Tanpa beban	4.5	4.5	Off	Off
K1//K2 (20 Ohm//30 Ohm)	3.18	3	Semua off	K1 On, K2 On
K1//K2 (20 Ohm//30 Ohm)	2.95	3	Semua off	K1 On, K2 On
K1//K2 (20 Ohm//30 Ohm)	2.92	3	Semua off	K1 On, K2 On
K1//K2 (20 Ohm//30 Ohm)	3.05	3	Semua off	K1 On, K2 On
K1//K2 (20 Ohm//30 Ohm)	3.19	3	Semua off	K1 On, K2 On
K1//K2 (20 Ohm//30 Ohm)	3.15	3	Semua off	K1 On, K2 On
Rata - rata	3.07			

Dari Tabel 9 menunjukkan hasil, ketika generator dihubungkan ke beban maka nilai tegangan akan turun. Pada pengujian ini menghasilkan nilai rata – rata dari sensor sebesar 3,07 V

3.3 Pengujian rangkaian komponen pembaca nilai frekuensi

Selanjutnya, pengujian rangkaian komponen pembaca nilai frekuensi dari rangkaian komponen 2 dioda, optocoupler, dan resistor 10k ohm. Rangkaian ini dilakukan pengujian pada software Arduino IDE yang ditransfer oleh Arduino Uno untuk menampilkan nilai frekuensi dari generator ac. Pengujian nilai frekuensi dan perbandingan dari alat ukur standar multimeter sebelum dihubungkan ke beban dan setelah dihubungkan ke beban dapat dilihat pada Tabel 10.

Table 10 The frequency value on the multimeter and Arduino IDE after and before being connected to the load

Beban	Frekuensi (Hz)	Multimeter (V)	Selisih	Error
R1 (60 Ω)	47	47	0	0
R1//R2 (60 Ω //30 Ω)	47	46	-1	-2
R1//R2//R3 (60 Ω //30 Ω //60 Ω)	46	45	-1	-2
R1//R2//R3//R4 (60 Ω //30 Ω //60 Ω //30 Ω)	45	45	0	0
Tanpa Beban	47	47	0	0
Nilai Rata – rata Error				-0,8

Pada pengujian nilai frekuensi diatas merupakan dari nilai tegangan 4,5 V. Ketika dilakukan pengujian, generator ac disambungkan ke beban dan tidak disambungkan ke beban nilai frekuensi yang terbaca hanya memiliki perbedaan selisih 1 dan paling tinggi hanya 2 dan rata rata pembacaan nilai frekuensi dari *Arduino IDE* dan multimeter hampir sama, dikarenakan generator ac dari PLTMH penelitian ini diputar menggunakan bor dimana putaran bor lebih kuat dan cepat walau diberi beban hanya nilai tegangan yang turun.

4. Kesimpulan

Pada simulasi ke 1 berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.7 dengan nilai tegangan awal adalah 4,5 V setelah di hubungkan ke beban actual load 10 Ohm mendapatkan nilai tegangan yang sudah dirata – rata sebesar

2,956667 V. Selanjutnya setelah saklar yang terhubung ke beban *actual load* dimatikan, maka otomatis generator ac terhubung ke beban dummy load yang dikontrol oleh relay yang sudah di program pada Arduino IDE, dengan nilai hambatan 10 Ohm. Pada hasil pengujian pada tabel 4.8 dengan nilai tegangan awal adalah 4,5 V setelah dihubungkan ke beban *dummy load* mendapatkan nilai rata – rata tegangan yang sudah dirata rata sebesar 2,875 V. Maka selisih nilai tegangan generator ac ketika dihubungkan beban *actual load* kemudian beban beralih ke *dummy load* pada Arduino UNO, nilai tegangan beban *actual load* dikurang nilai tegangan beban *dummy load* sebesar 0,081667. Dikarenakan sistem logika dari relay berjalan dengan baik maka dapat disimpulkan simulasi ke 1 ini dapat dikatakan berhasil. Pada simulasi ke 2 percobaan ke 3 pengujian nilai tegangan dengan 4 beban *actual load* dan 2 beban *dummy load* mengalami *error* pada sistem relay 1 dan 2 yaitu pada percobaan rangkaian paralel R1//R2//R3//K2, tidak dapat berjalan sesuai perintah yang diinginkan yaitu ketika saklar 1, 2, dan 3 dinyalakan seharusnya relay 2 yang akan merespon menyala (konstan/relay tidak mengalami mati dan menyala yang terus berulang). Relay 2 dihubungkan ke beban *dummy load* 30 Ohm, dan relay 1 seharusnya dalam kondisi mati dan tidak merespon nilai tegangan. Dikarenakan sensor tegangan yang digunakan melakukan pembacaan terjadi naik dan turun yang jauh dan mengakibatkan ternyata *error* sistem dari 2 pengontrolan 2 relay atau mengakibatkan kekeliruan pada sistem relay 1 dan 2. Dikarenakan kekeliruan sistem logika relay 1 dan 2, simulasi ke 2 tidak semua berjalan dengan baik dan pada simulasi 2 yang berhasil hanya pada percobaan 1, 2, 4 dan 5, maka dikatakan simulasi ke 2 belum berhasil.

UCAPAN TERIMA KASIH



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

REFERENSI

- [1] R. Dahal, S. K. Jha, and B. Adhikary, "Performance of droop based load controller in interconnected micro hydro power plants," *ICDRET 2016 - 4th Int. Conf. Dev. Renew. Energy Technol.*, 2016, doi: 10.1109/ICDRET.2016.7421502.
- [2] R. Rusmono, S. Sulardi, and S. Suyitno, "Influence of learning model and learning motivation to learning outcome of micro hydro power plant," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 434, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012028.
- [3] S. Nababan, E. Muljadi, and F. Blaabjerg, "An overview of power topologies for micro-hydro turbines," *Proc. - 2012 3rd IEEE Int. Symp. Power Electron. Distrib. Gener. Syst. PEDG 2012*, pp. 737–744, 2012, doi: 10.1109/PEDG.2012.6254084.
- [4] S. P. Adhau, "Economic analysis and application of small micro/hydro power plants," *Renew. Energy Power Qual. J.*, vol. 1, no. 7, pp. 89–95, 2009, doi: 10.24084/repqj07.254.
- [5] S. Ginting, J. W. Simatupang, I. Bukhori, and E. R. Kaburuan, "Monitoring of Electrical Output Power-Based Internet of Things for Micro-Hydro Power Plant," *2018 Int. Conf. Orange Technol. ICOT 2018*, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1109/ICOT.2018.8705786.
- [6] I. Abubakar, S. N. Khalid, M. W. Mustafa, H. Shareef, and M. Mustapha, "Calibration of ZMPT101B voltage sensor module using polynomial regression for accurate load monitoring," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 1076–1084, 2017.
- [7] A. . C. Gunjan Yadav, "Design and Development of Pico Micro Hydro System By Using House Hold Water Supply," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 03, no. 22, pp. 114–119, 2014, doi: 10.15623/ijret.2014.0322024.
- [8] S. P. Adhau, R. M. Moharil, and P. G. Adhau, "K-Means clustering technique applied to availability of micro hydro power," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 8, pp. 191–201, 2014, doi: 10.1016/j.seta.2014.09.001.
- [9] B. A. Nasir, "Design considerations of micro-hydro-electric power plant," *Energy Procedia*, vol. 50, pp. 19–29, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.06.003.
- [10] G. A. M. Madrigal *et al.*, "Fuzzy logic-based maximum power point tracking solar battery charge controller with backup stand-by AC generator," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 16, no. 1, pp. 136–146, 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v16.i1.pp136-146.
- [11] B. A. Nasir, "Design of Micro-Hydro-Electric Power Station," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, no. 2, pp. 2249–8958, 2013.
- [12] M. H. Riaz *et al.*, "Micro hydro power plant dummy load controller," *Proc. - 2018, IEEE 1st Int. Conf. Power, Energy Smart Grid, ICPESG 2018*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ICPESG.2018.8384511.
- [13] B. Domenech, L. Ferrer-Martí, P. Lillo, R. Pastor, and J. Chiroque, "A community electrification project: Combination of microgrids and household systems fed by wind, PV or micro-hydro energies

-
- according to micro-scale resource evaluation and social constraints,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 23, pp. 275–285, 2014, doi: 10.1016/j.esd.2014.09.007.
- [14] I. Sami, N. Ullah, S. M. Muyeen, K. Techato, S. Chowdhury, and J. S. Ro, “Control Methods for Standalone and Grid Connected Micro-Hydro Power Plants with Synthetic Inertia Frequency Support: A Comprehensive Review,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 176313–176329, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3026492.
- [15] M. Irfan, M. Effendy, N. Alif, S. Lailis, I. Pakaya, and A. Faruq, “Performance comparison of fuzzy logic and proportional-integral for an electronic load controller,” *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 8, no. 3, pp. 1176–1183, 2017, doi: 10.11591/ijpeds.v8i3.pp1176-1183.
- [16] C. P. Jawahar and P. A. Michael, “A review on turbines for micro hydro power plant,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 72, no. January, pp. 882–887, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.01.133.
- [17] A. López-González, L. Ferrer-Martí, and B. Domenech, “Long-term sustainability assessment of micro-hydro projects: Case studies from Venezuela,” *Energy Policy*, vol. 131, no. March, pp. 120–130, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.04.030.
- [18] M. Kusriyanto, H. Utama, and R. Rais, “Prototype of Microhydro Generator with Complement Load and Telemonitoring Using Labview Software with ESP8266 Module Interface,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1201, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1201/1/012014.
- [19] M. Pigaht and R. J. van der Plas, “Innovative private micro-hydro power development in Rwanda,” *Energy Policy*, vol. 37, no. 11, pp. 4753–4760, 2009, doi: 10.1016/j.enpol.2009.06.039.
- [20] M. Kusriyanto, H. S. Utama, and I. Effendi, “Prototype of Automatic Frequency Control in Microhydro Power Plant with Dummy Load Based on Arduino Uno and Labview,” *Teknoin*, vol. 27, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.20885/teknoin.vol27.iss1.art1.
- [21] Mohibullah, M. A. M. Radzi, and M. I. A. Hakim, “Basic design aspects of micro hydro power plant and its potential development in Malaysia,” *Natl. Power Energy Conf. PECon 2004 - Proc.*, pp. 220–223, 2004, doi: 10.1109/PECON.2004.1461647.
- [22] R. Baratov and N. Pirmatov, “Low - Speed generator with permanent magnets and additional windings in the rotor for small power wind plants and micro hydro power plants,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 883, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/883/1/012183.
- [23] O. Paish, “T → My:: Status and Prospects,” no. November 2001, pp. 327–337, 2002, doi: 10.1142/9789812776488_0034.
- [24] R. Nair *et al.*, “Community development and energy equality: Experiences from micro hydro implementation in a tribal settlement in India,” *IEEE Reg. 10 Humanit. Technol. Conf. 2016, R10-HTC 2016 - Proc.*, pp. 1–7, 2017, doi: 10.1109/R10-HTC.2016.7906794.
- [25] R. Bhattarai, R. Adhikari, and I. Tamrakar, “Improved Electronic Load Controller for Three Phase Isolated Micro-Hydro Generator,” *Int. Conf. Power Syst.*, no. May 2016, 2013.

BIOGRAFI PENULIS / AUTHOR BIOGRAPHY

	<p>Geri Geraldo Salam is a student of the Electrical Engineering Study Program, Faculty of Industrial Technology, Ahmad Dahlan University, Yogyakarta.</p>
	<p>Ahmad Raditya Cahya Baswara is a Lecturer in the Electrical Engineering Study Program, Faculty of Industrial Technology, Ahmad Dahlan University, Yogyakarta. S1 : Electrical Engineering, Gadjah Mada University – Yogyakarta S2 : Electrical Engineering, Gadjah Mada University – Yogyakarta Electrical Power Energy, Wireless Power Transfers & Renewable Energy</p>