

Rancang Bangun *Electronic Load Control* Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis Mikrokontroler dan IoT

Sofyan Sofyan¹⁾, Kurniawati Naim²⁾, Muh. Arga Basri³⁾

^{1,2,3}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

sofyan tato@poliupg.ac.id¹, nianaim@poliupg.ac.id², Arga.basriarga@gmail.com³



Abstract

Changes in frequency and voltage caused by erratic load changes on consumers of Micro Hydro Power Plants (MHP) can damage generators and household appliances consumers. This problem can be addressed by providing a replacement load. However, to optimize the replacement load, it is necessary to design a control system for the replacement load. This research was conducted to control the generator output when an erratic load change occurs. In addition, this study also aims to monitor the generator output remotely using the internet. Accordingly, the research was conducted with hardware design and software design. Data collection is done by testing technique, while data analysis is done by simple regression. Based on the results of research and discussion, it can be concluded that the use of design tools can control the replacement load and measure voltage, current, and frequency. The use of this tool can also monitor and store data using the GSM internet network so that monitoring can be carried out remotely

Keywords: Load Changing, Controlling, Monitoring

Abstrak

Perubahan frekuensi dan tegangan yang disebabkan oleh perubahan beban yang tidak menentu pada konsumen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dapat merusak generator dan peralatan rumah tangga pada konsumen. Masalah ini dapat diatasi dengan menyediakan beban pengganti. Namun, untuk mengoptimalkan penggunaan beban pengganti maka dibutuhkan perancangan sistem kontrol pada beban pengganti tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan pengontrolan output generator ketika terjadinya perubahan beban yang tidak menentu. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melakukan pemantauan output generator dari jarak jauh menggunakan internet. Sehubungan dengan itu, penelitian dilakukan dengan perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik pengujian, sedangkan analisis data dilakukan dengan regresi sederhana. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat perancangan dapat melakukan pengontrolan beban pengganti dan dapat melakukan pengukuran tegangan, arus, dan frekuensi. Bahkan, penggunaan alat ini dapat pula melakukan pemantauan dan penyimpanan data dengan menggunakan jaringan internet GSM sehingga dapat dilakukan pemantauan dari jarak jauh.

Kata Kunci: Beban Pengganti, Pengontrolan, Pemantauan

I. PENDAHULUAN

Energi Listrik adalah salah satu kebutuhan pokok manusia yang setiap saat akan semakin maju untuk membantu dan mempermudah kebutuhan manusia. Sumber energi listrik itu sendiri dibedakan antara sumber energi tak terbarukan dan sumber energi terbarukan, dimana sumber energi tak terbarukan merupakan sumber energi yang ketersediaannya semakin lama akan semakin menipis dengan mengkomsumsi sumber daya alamnya. Sedangkan sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat menghasilkan energi listrik tanpa mengkomsumsi sumber daya alamnya. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) merupakan salah satu jenis pembangkit energi terbarukan yang menghasilkan listrik yang menggunakan air sebagai energi terbarukannya dan

memiliki potensi sumber daya yang tinggi di Indonesia yang dilihat dari letak geografisnya. PLTMH adalah salah satu alternatif yang bisa digunakan bagi masyarakat pesisir yang susah diakses oleh PLN. Namun pembuatan PLTMH dibutuhkan perancangan yang matang agar dapat bekerja secara optimal, sehingga pada saat diberikan beban maksimum maka generator masih mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang sesuai dengan standar.

Beberapa kejadian yang sering terjadi pada PLTMH adalah perubahan frekuensi dan tegangan yang disebabkan oleh perubahan beban yang tidak menentu oleh konsumen dan kejadian ini dapat merusak generator PLTMH dan peralatan listrik konsumen. Untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan menyediakan dan melakukan pengontrolan beban pengganti (*dummy load*), dimana apabila beban

generator bertambah maka penggunaan beban pengganti dilepas yang disesuaikan dengan besar pertambahan bebannya dan apabila beban generator berkurang maka beban pengganti harus ditambahkan disesuaikan dengan pengurangan beban yang keluar dari sistem pembangkit. Alat pengontrol beban pengganti ini disebut *Electrical Load Control* (ELC) yang mana alat ini dapat untuk mengetahui pemakaian beban listrik pada konsumen. *Electronic Load Controller* mengatur daya *dummy load* ketika daya yang mengalir ke beban berubah-ubah. *Electronic Load Controller* ini menjaga tegangan agar tetap konstan dan menjaga daya keluaran dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (generator) [1].

Oleh karena itu pada penelitian ini akan membuat Rancang Bangun *Electronic Load Control* Generator Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis Mikrokontroler dan IoT. Dimana alat ini juga dapat melakukan *monitoring* jarak jauh menggunakan internet.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air[2]. Secara teknis, mikro hidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Pada dasarnya, mikro hidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*), semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik[3].

Mikro hidro bisa memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2.5 meter dapat dihasilkan listrik 400 watt, relatif kecilnya energi yang dihasilkan mikro hidro dibandingkan dengan PLTA skala besar, berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta kecilnya area yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikro hidro. Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan mikro hidro, yakni tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Dengan demikian, sistem pembangkit mikro hidro cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan pedesaan[4].

Adapun permasalahan yang terjadi ketika membangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro yaitu kondisi akses yang kurang baik, sehingga untuk membawahkan peralatan-peralatan dan bahan yang dibutuhkan relatif lebih susah karena biasanya

dibangun di daerah terpencil. Beberapa contoh PLTMH sebagai acuan kondisi akses yang kurang baik, yang telah dibangun di daerah Sulawesi yaitu pada desa Ranteberan, Kabupaten Mamasa, Provinsi Sulawesi Selatan dengan titik koordinat desa 2.82°S, 199.22°E dan desa Pao, Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi selatan. Sehingga demikian diperlukan riset pengembangan material yang bersifat aplikatif untuk dimanfaatkan dalam pengembangan energi baru dan terbarukan. Hal ini didukung oleh kebijakan pemerintah, dimana pada saat ini pemerintah memfokuskan pada bidang penciptaan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan[5].

B. Generator 1 Phase

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik[6].

Dalam pengoperasian generator pasti mengalami beberapa gangguan. Adapun gangguan yang dapat terjadi pada generator akibat kehilangan beban sebagai berikut:

- 1) Frekuensi operasi yang tidak normal (operasi frekuensi abnormal) Perubahan frekuensi keluar dari batas-batas normal di sistem dapat berakibat ketidak stabilan pada turbin generator. Perubahan frekuensi sistem dapat dimungkinkan oleh tripnya unit-unit pembangkit atau penghantar (transmisi)[7].
- 2) Lepas sinkron (Kehilangan sinkronisasi) Adanya gangguan di sistem akibat perubahan beban, *switching*, hubung singkat dan peristiwa yang cukup besar akan menimbulkan ketidak stabilan sistem. Bila peristiwa ini cukup lama dan melampaui batas-batas ketidakstabilan generator, generator akan kehilangan kondisi sejajar. Keadaan ini akan menghasilkan arus puncak yang tinggi dan penyimpangan frekuensi operasi yang keluar dari seharusnya jadi akan menyebabkan terjadinya stress pada belitan generator, gaya punter yang berfluktuasi serta resonansi yang akan merusak turbin generator. Pada kondisi ini generator harus dilepas dari sistem[7].

C. Beban Pengganti

Pada pembangkit, pengendalian putaran dimaksudkan untuk mengendalikan putaran (frekuensi) generator sehingga pengendalian putaran dalam hal ini diutamakan berfungsi sebagai pengendali frekuensi generator. Perubahan putaran (frekuensi) generator dapat disebabkan karena adanya perubahan daya penggerak[8].

Jika daya air yang masuk ke turbin dibuat selalu tetap sehingga daya penggerak turbin selalu tetap, maka frekuensi dan respon generator akan menjadi fungsi dari beban. Agar frekuensi yang dihasilkan oleh generator besarnya selalu tetap, maka besar beban dari generator harus selalu tetap. Untuk itu diperlukan beban tiruan yang besar bebannya dapat diatur sesuai dengan pengurangan beban dari PLTMH. Pada suatu kondisi beban tertentu (misal pada beban sebesar 75% beban penuh), daya air yang masuk ke turbin diatur sehingga diperoleh putaran generator yang dikehendaki. Jika pada beban konsumen terjadi penurunan beban sebesar, maka beban komplemen akan dilewati arus yang rata-ratanya akan sebesar penurunan arus akibat turunnya beban konsumen. Dengan demikian generator akan dibebani dengan total beban yang selalu konstan [8].

Dummy load pada PLTMH biasanya menggunakan ballast load yang merupakan beban resistif tempat membuang kelebihan daya pada saat pemakaian dikonsumsi berkurang. Ballast load terbuat dari bahan resistif murni yang dibuat dari lilitan kabel yang dilapisi keramik dengan *casing metal stainless*, jenis *ballast load* yang digunakan biasanya adalah pemanas udara tipe tubular (*tubular air heater*) atau pemanas air tipe tubular (*tubular water heater*)[1]. Pada percobaan ini alat yang digunakan sebagai *dummy load* adalah sebuah setrika dimana pada setrika terdapat sebuah *ballast* yang digunakan untuk memanaskan setrika.

E. Internet of Things (IoT)

Internet of Things, atau dikenal juga dengan singkatan IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, *remote control*, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata. Contohnya bahan pangan, elektronik, koleksi, peralatan apa saja, termasuk benda hidup yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif[9].

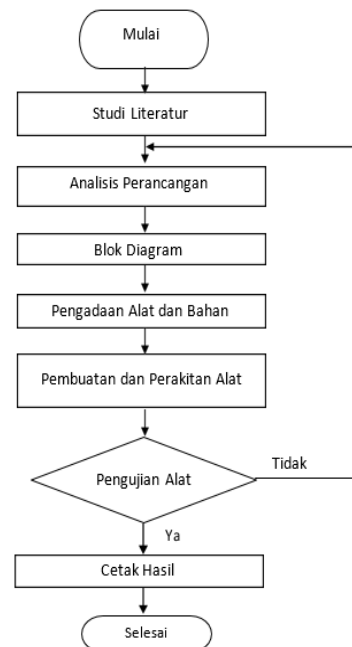
Dalam bidang Energi sendiri sejumlah besar perangkat yang memakan energi (semacam *switch*, outlet listrik, lampu, televisi, dll.) kini sudah bisa terintegrasi dengan konektivitas internet. Integrasi ini

memungkinkan mesin-mesin ataupun jaringan untuk berkomunikasi dalam menyeimbangkan pembangkitan listrik serta penggunaan energi yang lebih hemat maupun efektif. Perangkat ini juga bisa memungkinkan akses *remote control* dari pengguna, atau bisa juga manajemen dari satu pusat lewat *interface* yang berbasis *cloud*. Selain itu, bisa juga mengaktifkan fungsi semacam penjadwalan (misalnya untuk menyalakan/mematikan mesin pemanas, mengendalikan oven, mengubah kondisi pencahayaan dari terang menjadi redup hingga ke gelap, dan lain sebagainya). Jadi dengan IoT di bidang energi, sistem bisa berkumpul dan bertindak berdasarkan informasi yang terkait dengan energi dan daya demi meningkatkan efisiensi produksi dan distribusi listrik[10].

III. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Rancang Bangun

Diagram alir dari *electronic load control* PLTMH berbasis mikrokontroler dan IoT ditunjukkan oleh Gambar 1. Pada diagram alir menjelaskan alur yang akan dilalui dalam pembuatan alat ini. Yang diawali dengan melakukan studi literatur, analisis perancangan, perancangan blok diagram, pengadaan alat dan bahan, pembuatan dan perakitan alat, pengujian alat serta diakhiri dengan pencetakan data.

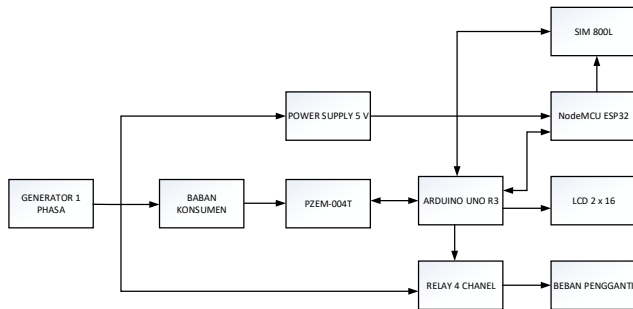


Gambar 1. Flowchart Prosedur Rancang Bangun

B. Perancangan Hardware

Alur kerja rancang bangun *electronic load control* PLTMH berbasis mikrokontroler dan IoT ditunjukkan pada gambar blok diagram di bawah. Dimana alat ini akan menggunakan beberapa

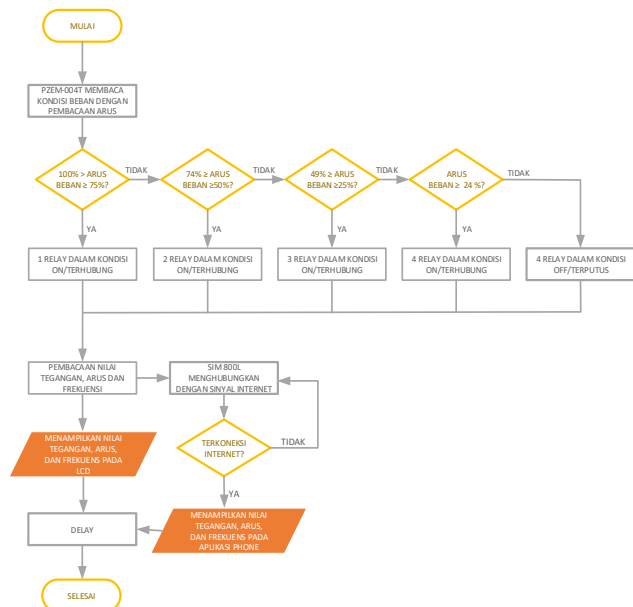
komponen seperti Arduino Uno R3, PZEM-004T, Relay 4 Chanel, NodeMCU ESP32, LCD 2x16, dan SIM 800L V2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

C. Perancangan Software

Pada perancangan *Software* merupakan tahapan untuk pembuatan program dan *interface* sebagai sistem komunikasi antara mikrokontroler dan perangkat *android*. Pada tahapan ini perancangan *software* dibagi menjadi 2 (dua), yaitu membuat program untuk perintah pada Arduino Uno R3 dan NodeMCU ESP32 dengan *software* Arduino IDE dan program untuk *android monitoring* menggunakan aplikasi *Blynk* dengan mengacu pada *flowchart* Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Perancangan Software

D. Langkah Pengujian dan Analisa Data

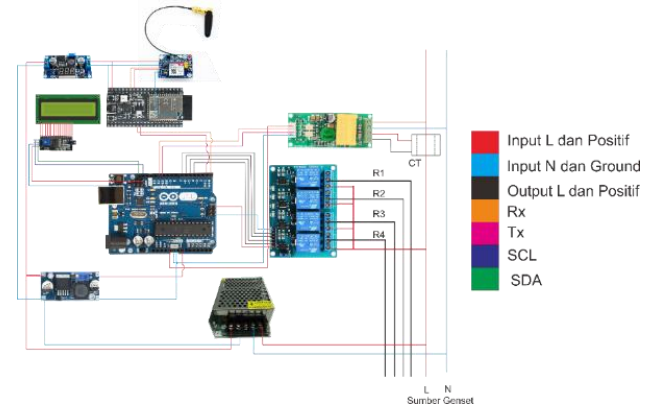
Pengujian alat rancang bangun *electronic load control* PLTMH berbasis mikrokontroler dan IoT merujuk pada *flowchart* perancangan *software*. Yang dimana alat dijalankan dengan mengatur jumlah beban konsumen untuk mengaktifkan beban pengganti yang telah dipasang. Kemudian melihat

parameter tegangan, arus, dan frekuensi pada aplikasi android.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perakitan Alat

Penyambungan Adaptor AC to DC, modul *Step Down* DC LM2596, Arduino Uno R3, PZEM-004T, Relay 4 Chanel, NodeMCU ESP32, LCD 2x16, dan SIM 800L V2 menggunakan kabel *jumper* jenis *male-to-male* dan *female-to-female*.



Gambar 4. Tampilan Rangkaian Kontrol Alat

B. Tampilan pada Aplikasi

Dari hasil perancangan alat yang sudah dijelaskan pada bagian-bagian sebelumnya maka, dibuat juga sistematis dari alat tersebut untuk bisa mengirim data dan melakukan penyimpanan data pada *cloud* aplikasi *blynk*. Data yang di kirim pada aplikasi *blynk* adalah data parameter tegangan, arus, dan frekuensi. Sehingga dapat melakukan *monitoring* dan analisis data penyimpanan dengan sistem *internet of things* dengan sinyal GSM yang memungkinkan melakukan pemantauan jarak jauh.



Gambar 5. Tampilan Layar pada Smartphone

C. Pengujian Penggunaan Alat Rancangan



Gambar 6. Pengujian Alat Rancangan

Pengujian ini adalah pengujian untuk melihat pengaruh perubahan yang terjadi ketika terjadinya kehilangan beban secara seketika dengan melakukan perbandingan pada saat menggunakan alat rancangan dan tanpa menggunakan alat rancangan, dimana pengukuran dilakukan pada genset 1 fasa dapat dilihat pada gambar di atas. Berikut dapat dilihat hasil pengukuran pada Tabel 1.

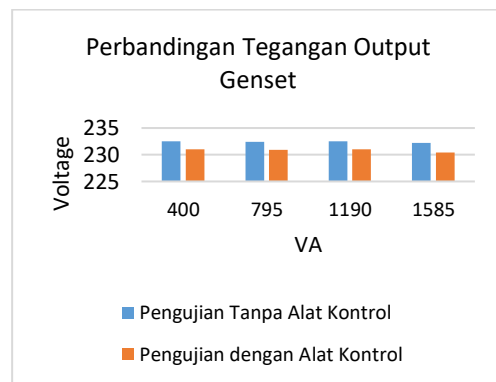
Tabel 1. Hasil Perbandingan Penggunaan Alat dan Tanpa Penggunaan Alat

Hasil Pengujian Alat Tanpa Rangkaian Kontrol		Hasil Pengujian Alat dengan Rangkaian Kontrol				
No	Arus (A)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)	Arus (A)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1	0,35	232,5	48,75	2,87	231	48,72

2	0,3	232,4	48,73	4,28	230,9	48,75
3	0,35	232,5	48,75	4,91	231	48,72
4	0,28	232,2	48,77	6,03	230,4	48,73

Berdasarkan hasil pengujian diatas, pada saat tidak menggunakan alat rancangan arus yang mengalir pada rangkaian sebesar 0,28 – 0,35 atau bisa dikatakan bahwa pada pengujian ini tidak terpasangnya beban pengganti dimana percobaan dilakukan sebanyak 4 kali dengan mengacu pada jumlah relay yang digunakan pada perancangan alat. Untuk pengujian dengan menggunakan alat rancangan arus yang dihasilkan akan naik sesuai dengan jumlah beban konsumen yang menghilang, sehingga dapat dikatakan bahwa sistem kontrol pada alat dapat bekerja dengan arus yang mengalir pada rangkaian sebesar 2,87 pada saat 1 relay bekerja, 4,28 pada saat 2 relay bekerja, 4,91 pada saat 3 relay bekerja, dan 6,03 pada saat semua relay bekerja.

Pada pengujian juga terjadi *over voltage*, dimana ketika pelepasan beban tanpa menggunakan alat yang dirancang tegangan mengalami kenaikan tertinggi sebesar 2,5 V dengan tegangan 232,5 V dan frekuensi sebesar 48,75 Hz, untuk hasil yang didapatkan ketika dilakukan pelepasan beban dengan menggunakan alat, kenaikan tegangannya lebih kecil sebesar 231 V dan frekuensi sebesar 48,72 Hz. Adapun perbandingan tegangan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Tegangan

D. Penyimpanan Hasil Pengujian Pada Aplikasi Android

Selain dapat memonitoring tegangan, arus, dan frekuensi dari modul PZEM-004T dengan tampilan LCD, alat hasil rancangan juga dapat memonitoring besaran listrik tersebut melalui Smartphone Android dengan memanfaatkan penggunaan Aplikasi Android secara real time dengan menggunakan sinyal GSM yang memungkinkan melakukan monitoring dari jarak jauh, sekaligus rancangan ini dapat menampilkan grafik

pengukuran dari hasil *monitoring* dan dapat melakukan penyimpanan data *monitoring* dalam bentuk *excel* sehingga memungkinkan untuk melakukan analisis dari data yang telah tersimpan. Berikut adalah data hasil *monitoring* yang telah dilakukan untuk menguji fungsi alat.

Tabel 2. Hasil Penyimpanan *Monitoring* pada Aplikasi Android

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi (Hz)	Tanggal	Waktu
1	229,28	1,44	50,00	27/05/2021	17:16:00
2	230,14	1,03	49,97	27/05/2021	17:17:00
3	202,87	2,25	44,40	27/05/2021	17:18:00
4	228,95	1,78	50,00	27/05/2021	17:20:00
5	232,85	0,00	50,00	09/06/2021	18:49:00
6	155,50	2,07	49,93	09/06/2021	18:56:00
7	231,60	0,00	49,98	11/06/2021	06:49:00
8	231,50	0,00	50,00	11/06/2021	06:50:00
9	225,25	2,05	49,98	11/06/2021	06:55:00
10	224,70	1,98	49,98	11/06/2021	07:41:00
11	227,83	4,25	48,71	11/06/2021	15:09:00
12	226,00	0,00	48,74	13/06/2021	11:59:00
13	217,70	2,83	49,95	13/06/2021	12:09:00
14	220,48	1,71	50,10	13/06/2021	12:10:00
15	230,88	0,19	50,00	20/06/2021	17:19:00
16	230,86	0,19	50,00	20/06/2021	17:20:00
17	225,83	2,18	49,98	20/06/2021	17:21:00
18	221,48	3,85	50,08	20/06/2021	17:22:00
19	222,67	3,39	50,01	20/06/2021	17:23:00
20	223,35	2,88	50,00	20/06/2021	17:24:00
21	225,26	2,17	49,99	20/06/2021	17:25:00
22	225,21	1,97	50,00	20/06/2021	17:29:00
23	221,78	3,15	49,99	20/06/2021	17:30:00
24	225,90	1,77	49,96	20/06/2021	17:31:00
25	225,69	1,81	49,97	20/06/2021	17:32:00

Dari tabel hasil penyimpanan data *monitoring* di atas, terlihat hasil *monitoring* tersebut akan melakukan penyimpanan *file* setiap 1 menit dari saat *online* atau melakukan *monitoring*. Pada tabel di atas dilihat bahwa *monitoring* dilakukan pada tanggal 27 Mei 2020 dari jam 17:16 – 17:20 WITA, tanggal 09 Juni 2020 dari jam 18:49 – 19:11 WITA, tanggal 11 Juni 2020 dari jam 06:49 – 07:41, tanggal 13 Juni 2020 dari jam 11:59 – 12:10, dan pada tanggal 20 Juni 2020 dari jam 17:19 – 17: 32. Adapun hasil penyimpanan data pada Tabel 2 di atas.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian perancangan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pada pengujian dari perbandingan *output* genset ketika menggunakan alat dan tanpa menggunakan alat terlihat terjadinya *over voltage*, dimana ketika pelepasan beban tanpa menggunakan alat yang dirancang tegangan mengalami kenaikan tertinggi sebesar 2,5 V dengan tegangan 232,5 V dan frekuensi sebesar 48,75 Hz, untuk hasil yang didapatkan ketika dilakukan pelepasan beban dengan menggunakan alat, kenaikan tegangannya lebih kecil sebesar 231 V dan frekuensi sebesar 48,72 Hz.
- 2) Pada hasil *monitoring* dengan menggunakan internet dapat dilakukan penyimpanan data pada aplikasi dan hasil *monitoring* dapat dikirim ke bentuk aplikasi *excel*, dimana hasil penyimpanan data dilakukan pada tanggal 27 Mei 2020 dari jam 17:16 – 17:20 WITA, tanggal 09 Juni 2020, tanggal 11 Juni 2020, tanggal 13 Juni 2020, dan pada tanggal 20 Juni 2020.

REFERENSI

- [1] M. Firdaus, K. B. Adam, F. T. Elektro, U. Telkom, P. Listrik, and T. Mikro, “Perancangan Dan Implementasi Electronic Load Controller Dengan Menggunakan Proportional Integratif Kontroler,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 4200–4210, 2016.
- [2] S. T. Very Dwiyanto, Dyah Indriana K, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai),” *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 4, no. 3, pp. 407–422, 2018, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/127987/analisis-pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-pltmh-studi-kasus-sungai-air-anak>.
- [3] E. Saleh, “Perancangan Sistem Kontrol Dummy Load Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Standalone Menggunakan Arduino Uno Control System Design Dummy Load on The Micro-hidro Power Plants Standalone Using Arduino Uno.” Universitas Mataram, 2018.
- [4] B. A. -, H. D. -, M. J. M. -, S. N. -, and W. B. M. -, “Aplikasi Pembangkit Listrik Mikrohidro Untuk Penerangan Lingkungan Masyarakat Di Kecamatan Ciwidey Kabupaten Bandung,” *Dharmakarya*, vol. 4, no. 1, pp. 15–17, 2015, doi: 10.24198/dharmakarya.v4i1.9031.
- [5] U. Usman, Sofyan, “Rancang Bangun Pyranometer Berbasis Mikrokontroler,” *Patria Artha Technol. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 139–144,

- 2018.
- [6] W. Sunarlik, "Prinsip Kerja Generator," *Prinsip Kerja Gener. Sink.*, p. 6, 2017.
- [7] I. R. Saragi, "Sistem Proteksi Pembangkit, Sistem Proteksi Generator, dan Sistem Proteksi Trafo Pembangkit." Medan: Universitas Negeri Medan, 2015.
- [8] L. Tenaga, A. I. R. Skala, and K. Mikro, "Electronic Load Controller (Elc) Digital System Technology State of the Art Control System," no. 40, pp. 1–4, [Online]. Available: http://www.pme-bandung.com/file/1601BROSUR_ELC_ENG.pdf.
- [9] Y. AMBABUNGA, "Pengaruh Efek Kapasitansi Bumi Terhadap Saluran Transmisi Circuit Ganda Jarak Jauh Pada Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan Dan Barat," *J. Dyn. Saint*, vol. 3, no. 1, pp. 460–471, 2018, doi: 10.47178/dynamicsaint.v3i1.270.
- [10] M. B. Barus, "Perancangan Alat Ukur Tinggi Badan Menggunakan Sensor Ultrasonik HCSR-04 Berbasis Mikrokontroler Atmega328 dengan Output Suara," 2019.
- [11] Sofyan, "Studi Stabilitas Transient Generator Sinkron," in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2017, pp. 222–229.
- [12] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018
- [13] M. B. Barus, "Perancangan Alat Ukur Tinggi Badan Menggunakan Sensor Ultrasonik HCSR-04 Berbasis Mikrokontroler Atmega328 dengan Output Suara," 2019.
- [14] Sofyan, "Analisis Kestabilan Transient Generator Sinkron pada PLTU Bosowa Energi Jeneponto," in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2018, pp. 222–229.
- [15] Febrianto, "Apa itu Arduino Uno?," *ndoWare*, Apr. 09, 2014. <https://ndoware.com/apa-itu-arduino-uno.html> (accessed Jul. 22, 2021).
- [16] A. T. Sianturi, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Ruangan dengan Sensor Cahaya Berbasis Arduino Uno Menggunakan SMS Gateway," 2019.
- [17] S. Sofyan, S. Thaha, and F. Ginting, "Analisis Pengukuran Harmonisa Tegangan Dan Arus Listrik Pada Pt. Eastern Pearl Flour Mills Makassar," in *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 2020, vol. 1, no. 1, pp. 500–508.
- [18] Prastyo, Elga Aris. 2019, "Arsitektur dan Fitur ESP32 (Module ESP32) IoT". <https://www.edukasiaelektronika.com/2019/07/arsitektur-dan-fitur-esp32-module-esp32.html>, (accessed Mei. 5, 2021).
- [19] C. T. Lumbantobing, "Rancang Bangun Monitoring Pemakaian Energi Listrik Maksimal 1000W Berbasis Smartphone Android Via Wifi," 2020.
- [20] Sujatno. "Analisis Sistem Kendali Beban Elektronik (Elc) Sebagai Stabilisasi Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler," *Seminar Nasional VII SDM Teknologi Nuklir*, pp. 177–183, 2013.