

## RANCANG BANGUN ELECTRONIC LOAD CONTROLLER (ELC) PADA EMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO

Rifqy Assariy Victory<sup>1)</sup>, Kharisma Bani Adam<sup>2)</sup>, Jangkung Raharjo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Teknik Elektro Telkom University,

<sup>2)</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro Telkom University,

<sup>3)</sup> Telkom University

*rifqyassariy99@gmail.com*

### Abstract

Renewable Energy Sources (EBT) that utilize water include Micro Hydro Power Plants (PLTPh), which are suitable for remote areas that are not accessible by the national power grid. However, PLTPh faces several challenges, including difficult-to-reach locations, high construction costs, and a shortage of skilled labor in the field. To address the shortage of skilled workers in the PLTPh field, one solution that can be implemented is the development of a "PLTPh Emulator." The PLTPh Emulator is an interactive simulation that allows the general public, including students, to learn about the system, how it works, and the functions of Micro Hydro Power Plants. The PLTPh Emulator will provide information about the basic principles of PLTPh operation, the required components, and how to adjust electricity production to meet demand.

One part of the PLTPh emulator is the Electronic Load Controller (ELC), a device that can divert excess energy generated by the generator to complementary loads if the main load usage is lower, in order to maintain a frequency of 50 Hz. This emulator will provide a safe and controlled platform for testing various scenarios without the need to operate the actual system.

The aim of this research is for this emulator to be used to enhance the quality and quantity of human resources by improving interactive and engaging learning experiences for students. Furthermore, the use of this emulator is expected to assist in the improvement and efficiency of the PLTPh system, which utilizes channels for irrigating rice fields and vegetable gardens, and applying it to street lighting in the Gununghalu Subdistrict, Bandung Barat Regency, West Java.

*Keywords: Emulator, Electronic Load Controller, frequency, Renewable Energy, Pico hidro.*

### Abstract

Sumber Daya Energi Terbarukan (EBT) yang memanfaatkan air adalah Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPh), yang cocok untuk daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik nasional. Namun, PLTPh menghadapi beberapa tantangan, termasuk masalah lokasi yang sulit diakses, biaya pembangunan yang tinggi, dan kekurangan tenaga kerja terampil di bidang tersebut. Untuk mengatasi kekurangan tenaga kerja terampil di bidang PLTPh, salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah pengembangan "Emulator PLTPh." Emulator PLTPh adalah simulasi interaktif yang memungkinkan masyarakat umum, termasuk pelajar, untuk mempelajari sistem, cara kerja, dan fungsi dari Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro. Emulator PLTPh akan memberikan informasi tentang prinsip dasar operasi PLTPh, komponen yang diperlukan, dan cara mengatur produksi listrik sesuai permintaan.

Salah satu bagian dari emulator PLTPh adalah Electronic Load Controller (ELC), sebuah perangkat yang dapat mengalihkan energi berlebih yang dihasilkan oleh generator ke beban komplementer jika penggunaan beban utama lebih rendah, untuk menjaga frekuensi pada 50 Hz. Emulator ini akan menyediakan platform yang aman dan terkendali untuk menguji berbagai skenario tanpa perlu mengoperasikan sistem sebenarnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah agar emulator ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas sumber daya manusia dengan cara meningkatkan pengalaman belajar yang interaktif dan menarik bagi para mahasiswa. Selain itu, penggunaan emulator ini diharapkan dapat membantu peningkatan dan efisiensi sistem PLTPh menggunakan selokan untuk pengairan sawah dan kebun sayuran

dan mengaplikasikannya untuk lampu penerangan jalan di Kec. Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat.

*Keywords: Emulator, Electronic Load Controller, frekuensi, EBT, Piko hidro.*

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber energi air sebagai sumber energi terbarukan pada umumnya membutuhkan investasi tinggi. Namun untuk skala kecil dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi terbarukan hal tersebut bisa terlaksana. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH). (Syawari & Warmi, 2022)

Pemanfaatan sumber EBT semakin populer di masyarakat Indonesia. Namun, tidak diimbangi dengan instalasi teknologi pembangkit listrik yang menggunakan sumber EBT. Salah satu teknologi yang memanfaatkan EBT sebagai sumbernya ialah PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro). PLTPH merupakan pembangkit yang menghasilkan energi listrik kurang dari 5000 watt (5 Kw) dan dapat diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik berskala kecil (Muhammad Ibrahim, 2020).

Untuk mendorong pemanfaatan EBT dibutuhkan sarana pembelajaran teori dan praktik. Pembelajaran teori dapat diakses dan didapat melalui kelas, media sosial, internet hingga ahli, tetapi sebagai orang awam yang tidak begitu mengerti pastinya membutuhkan bayangan/bentukan cara kerja tersebut. Oleh karena itu, terdapat dua opsi pembelajaran teori dan praktik. Selanjutnya ada pembelajaran praktik dapat dilakukan dengan menggunakan alat secara langsung, tetapi terdapat permasalahan yang mana membutuhkan lokasi yang

mempunyai debit air dan biaya yang cukup tinggi untuk membangun suatu PLTPH, hal ini dapat dilakukan dengan cara membangun suatu sistem yang dapat menyimulasikan serta meniru fungsi sistem, emulator mampu menjadi solusi permasalahan ini.

Sistem PLTPH terdapat permasalahan yaitu terjadinya fluktuasi frekuensi pada generator akibat perubahan beban konsumen. Fluktuasi yang bersifat kontinu dapat mengurangi tingkat efisiensi dan stabilitas pada PLTPH. Diperlukan suatu sistem yang efisien untuk mengelola dan menjaga stabilitas serta ketahanan sistem pembangkit energi.

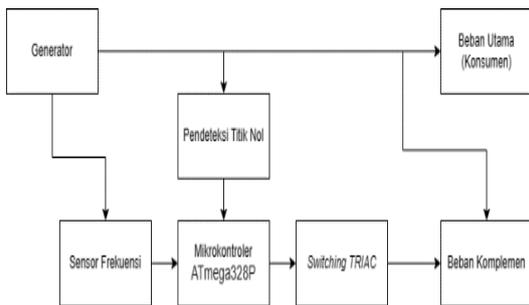
Untuk mendapatkan frekuensi generator yang konstan maka dilakukan pengaturan beban dengan teknik menambahkan beban komplemen pada PLTPH dengan kapasitas sesuai yang dibutuhkan, dengan stabilnya beban generator, maka putaran generator menjadi konstan dan akhirnya frekuensi yang dihasilkan juga ikut menjadi konstan, salah satu peralatan yang digunakan dalam upaya peningkatan kualitas sistem ini PLTPH adalah ELC (*Electronic Load Controller*).

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun *Electronic Load Controller* (ELC) dengan metode deteksi perubahan frekuensi sesuai dengan kondisi beban utama. Keseluruhan sistem diatur menggunakan *mikrokontroler* Arduino. Harapannya, ELC ini dapat berperan sebagai alat yang meningkatkan efisiensi dan stabilitas Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPH).

## METODE

### A. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem dibuat berdasarkan spesifikasi perancangan alat, sebuah sistem ELC sebagai penstabil frekuensi otomatis untuk beban komplement resistif (lampu pijar), dapat disusun menjadi suatu diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok sistem ELC

### B. Perancangan Perangkat Keras ELC

Dalam perancangan perangkat keras modul ELC pada PLTPH untuk beban resistif komplementer seperti lampu pijar, dapat digunakan sebuah modul yang terdiri dari beberapa komponen, seperti yang dijelaskan dalam Gambar 2. Modul ini mencakup rangkaian berikut:

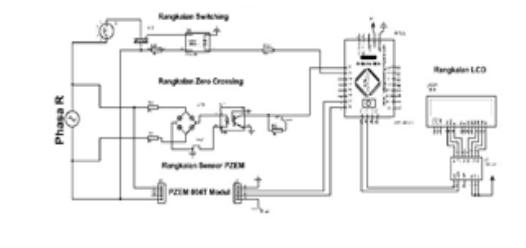
Rangkaian Zero Crossing (*Zero Crossing Circuit*), rangkaian ini digunakan untuk mendeteksi momen saat tegangan AC melintasi nol (*no crossing*). Ini adalah titik saat arus AC mengubah arahnya. *Zero crossing detection* penting untuk sinkronisasi pengaturan pemutusan beban dengan siklus AC, yang memungkinkan kendali yang tepat atas beban.

Rangkaian Sensor PZEM (*PZEM Sensor Circuit*), rangkaian ini mengacu pada sensor PZEM yang digunakan untuk mengukur berbagai parameter seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi pada sumber daya listrik.

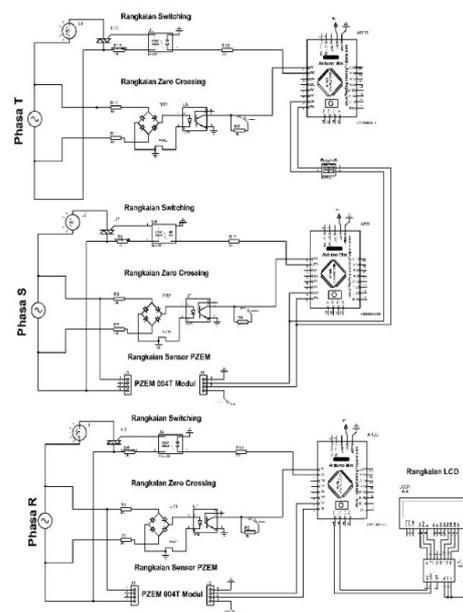
Informasi ini digunakan dalam pengaturan dan pengawasan sistem ELC.

Rangkaian *Switching* untuk Pemicu Beban Komplemen (*Switching Circuit for Load Trigger*), rangkaian ini digunakan untuk mengontrol beban komplementer, seperti lampu pijar. Jika ada perubahan frekuensi atau kondisi yang memerlukan penyesuaian beban, rangkaian ini akan memutuskan atau menghubungkan beban sesuai dengan instruksi dari sistem ELC.

Modul ELC ini bertujuan untuk menjaga stabilitas dan efisiensi sistem PLTPH dengan mengatur beban resistif komplementer. Dengan adanya sistem ini, PLTPH dapat beroperasi secara lebih efisien dan stabil, serta merespons perubahan dalam frekuensi dan kondisi beban dengan cepat dan akurat.

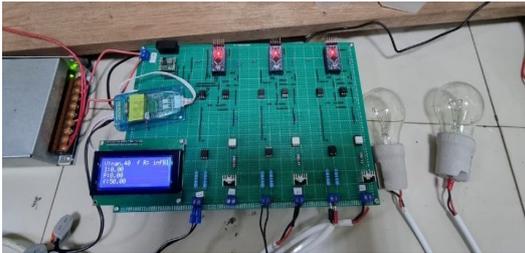


Gambar 2 Rangkaian ELC 1 Phasa



Gambar 3 Rangkaian ELC 3 Phasa

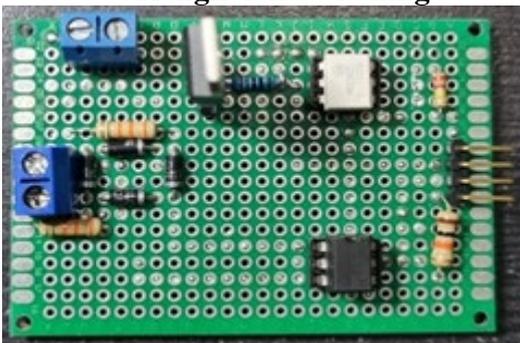
Gambar 3 merupakan desain rangkaian sistem ELC 3 fasa yang disumulasikan menggunakan aplikasi Proteus, yang terdiri dari fasa R, fasa S, dan fasa T, yang mana pada fasa R terdapat LCD yang akan menampilkan pembacaan dari sensor PZEM-004T.



Gambar 4 Realisasi Rangkaian ELC

Gambar 4 merupakan desain implementasi sistem ELC menggunakan *mikrokontroler* Arduino Pro Mini sebagai kontrol pusat, Arduino memproses sinyal masukan dari sensor PZEM-004T yang kemudian ditampilkan pada LCD, sinyal frekuensi yang didapat menjadi acuan buka tutupnya rangkaian *switching* untuk mengaktifkan beban komplemen.

### C. Rangkaian Switching



Gambar 5 Rangkaian Switching 1 fasa

Gambar 5 merupakan desain implementasi sistem ELC 1 *phasa* untuk pengujian sub-sistem rangkaian *switching* menggunakan *mikrokontroler* Arduino, pengujian menggunakan masukan serial monitor pada aplikasi Arduino IDE.

Di antara pin keluaran *mikrokontroler* dengan optocoupler MOC3021 terdapat komponen resistor. resistor berfungsi untuk mengatur tegangan listrik sebagai pemicu optocoupler. Untuk menjalankan optocoupler MOC3021 dengan input tegangan 5V, dengan arus maksimal MOC3021 sebesar 15mA maka diperlukan tahanan sebesar seperti ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$R = \frac{V}{i}$$

$$= \frac{5}{0,015} \quad (1)$$

$$= 333 \text{ ohm}$$

Dalam perangkat keras modul ELC yang telah dirancang, resistor dengan nilai 330 ohm telah dipilih dan digunakan dalam rangkaian. Resistor ini berfungsi sebagai bagian dari rangkaian pembatas arus atau rangkaian pengaturan yang diperlukan dalam modul tersebut.

Selain itu, optocoupler MOC3021 juga telah dimasukkan dalam desain. Fungsi utama optocoupler ini adalah mengisolasi atau memisahkan dua sirkuit yang berbeda, yang dapat digunakan untuk memicu gate TRIAC. Penggunaan optocoupler ini memungkinkan sinyal dari satu sirkuit (biasanya yang lebih rendah tegangannya) untuk mengendalikan sirkuit lain (yang mungkin memiliki tegangan lebih tinggi) tanpa terjadi kontak langsung antara keduanya. Hal ini sangat penting dalam menjaga keamanan dan menghindari tegangan tinggi yang dapat mempengaruhi rangkaian yang menerima sinyal.

Jadi, resistor 330 ohm dan optocoupler MOC3021 berperan penting dalam operasi dan keamanan modul ELC yang telah dirancang untuk PLTPh. Resistor digunakan untuk mengatur arus atau tegangan dalam rangkaian, sedangkan optocoupler

digunakan untuk mengisolasi sinyal dan mengendalikan TRIAC dengan aman.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian Sensor PZEM-004T (Frekuensi)

Sensor PZEM-004T diberikan tegangan dari generator yang kemudian di bandingkan dengan alat ukur multimeter untuk dibandingkan hasil keluaran dari sensor, data yang diambil pada 1 menit sekali.

**Tabel 1 Pengujian Sensor PZEM-004T (Frekuensi)**

No.	Multimeter (Hz)	Sensor Frekuensi (Hz)	Kesalahan (%)	Akurasi (%)
1	49.99	50.00	0.02	99.98
2	49.99	50.25	0.52	99.48
3	49.99	50.00	0.02	99.98
4	49.99	50.00	0.02	99.98
5	49.95	50.00	0.10	99.90
6	49.99	50.25	0.52	99.48
7	50.00	50.00	0.00	100.00
8	49.95	50.00	0.10	99.90
9	49.99	49.75	-0.48	100.48
10	50.00	50.00	0.00	100.00
11	49.99	50.00	0.02	99.98
12	49.99	50.00	0.02	99.98
13	49.95	50.00	0.10	99.90
14	49.95	50.00	0.10	99.90
15	49.95	50.00	0.10	99.90
Rata-Rata			0.08%	99.92%

Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian pembacaan frekuensi sensor PZEM-004T, terlihat bahwa pembacaan sensor frekuensi menggunakan detektor PZEM-004T memiliki kesalahan yang rendah dengan nilai sebesar 0.08% dengan akurasi pembacaan sensor sebesar 99,92%, dapat disimpulkan bahwa sensor frekuensi PZEM-004T ini efektif dalam membaca frekuensi.

### B. Pengujian Sensor PZEM-004T (Arus)

Sensor PZEM-004T diberikan tegangan dari generator yang kemudian di bandingkan dengan alat ukur multimeter untuk dibandingkan hasil keluaran dari sensor, data yang diambil pada saat 1 menit sekali, pemasangan sensor ini dilakukan dengan cara line to netral.

**Tabel 2 Pengujian Sensor PZEM-004T (Arus)**

No.	Multimeter (mA)	PZEM (mA)	Kesalahan (%)	Akurasi (%)
1	0.07	0.07	0.00	100.00
2	0.07	0.07	0.00	100.00
3	0.06	0.07	16.67	83.33
4	0.07	0.07	0.00	100.00
5	0.06	0.07	16.67	83.33
6	0.07	0.07	0.00	100.00
7	0.06	0.07	16.67	83.33
8	0.07	0.07	0.00	100.00
Rata-Rata			6.25%	93.75%

Berdasarkan tabel 2 hasil pengujian pembacaan arus sensor PZEM-004T, terlihat bahwa pembacaan sensor arus menggunakan detektor PZEM-004T memiliki kesalahan yang dapat dibilang rendah dengan nilai sebesar 6.25% dengan akurasi pembacaan sensor sebesar 93,75%, dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-004T ini efektif dalam membaca arus.

### C. Pengujian ELC Pada Generator Sinkron Dengan Beban Utama

Pengujian keseluruhan sistem menggunakan ELC yang di uji setiap fasa (R,S,T), pengujian ELC dilakukan dengan memberikan beban utama yang berbeda, serta beban komplemen 1 buah lampu pijar dengan daya 100 Watt pada tiap fasa.

**Tabel 3 Pengujian Keseluruhan Sistem (Phasa R)**

Putaran (rpm)	Beban (W)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1528	25	207.9	50.4
1530	50	206.8	50.4
1547	75	204.8	50.6
1558	100	209.4	50.9
1572	125	201.3	51
1618	175	201.6	50.9
1604	200	196.5	50.9

**Tabel 4 Pengujian Keseluruhan Sistem (Phasa S)**

Putaran (rpm)	Beban (W)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1528	25	209.4	50.4
1530	50	206.8	50.4
1547	75	204.8	50.6
1558	100	203.3	50.9
1572	125	201.6	51
1618	175	202.6	50.9
1604	200	196.5	50.9

**Tabel 5 Pengujian Keseluruhan Sistem (Phasa T)**

Putaran (rpm)	Beban (W)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1528	25	204.8	50.4
1530	50	203.5	50.4
1547	75	200.2	50.6
1558	100	199.5	50.9
1572	125	197.5	51
1618	175	197.7	50.9
1604	200	193	50.9

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ELC, beroperasi dengan normal, data terukur pada putaran (rpm), tegangan (V), dan frekuensi (Hz) dapat terjaga pada nilai nominalnya.

#### D. Pengujian Emulator

Produk dirancang untuk mudah dioperasikan, dikarenakan prosedur penggunaan yang simple dan tidak memiliki banyak pengoperasian diawali penggunaan. Dalam pengoperasiannya produk ini hanya memiliki 3 Push Button yang digunakan untuk menambah, mengurangi, dan me- reset frekuensi putaran motor. Terdapat tampilan agar bisa melihat jumlah frekuensi yang berputar ini bertujuan agar memudahkan praktikan dalam pengoperasian alat serta pengambilan data yang dibutuhkan.



**Gambar 6 Uji Coba Alat Kepada Mahasiswa**



**Gambar 7 Uji Coba Alat Kepada Mahasiswa Lintas Jurusan**

Data menunjukkan 10 dari 12 mahasiswa yang telah mengisi dan menyimulasikan memberikan respons "Sangat Mudah Digunakan" dan 1

responden menyatakan "Alat mudah digunakan", ini menyatakan alat ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas sumber daya manusia dengan cara meningkatkan pengalaman belajar yang interaktif dan menarik bagi para mahasiswa. Selain itu, penggunaan emulator ini sebagai alat pembelajaran dapat membantu pendidik dalam mengevaluasi pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diajarkan terutama dalam implementasinya di Universitas Telkom.

Alat ini diharapkan dapat membantu peningkatan dan efisiensi sistem PLTMH menggunakan selokan untuk pengairan sawah dan kebun sayuran dan mengaplikasikannya untuk lampu penerangan jalan di Kec. Gununghalu, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Lokasi tersebut dipilih, karena memiliki sungai yang mengalir dari pegunungan ke daerah lembah dan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber PLTMH dan meningkatkan efisiensi alat PLTMH yang sudah ada.



**Gambar 8 PLTMH Kampung Tangsi Jaya Gunung Halu Bandung Barat**



**Gambar 9 Pengolahan Kopi Berbasis Energi Baru Terbarukan Kampung Tangsi Jaya**

## DAFTAR PUSTAKA

- Muhammad Ibrahim, I. D. (2020). Rancang Bangun Prototipe PLTPH Sebagai Listrik Penerangan, 64.
- Syawari, A., & Warmi, Y. (2022). PERENCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO (PLTPH). (3), 641.