

## **RANCANG BANGUN SISTEM *ELECTRONIC LOAD CONTROLLER* (ELC) PADA PLTMH PALLAWA (KAB. BONE)**

**Tasrif A. S<sup>1</sup>, Marhatang<sup>2\*</sup>, Zulfitriah Nasir<sup>3</sup> dan Novianty Paelongan<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia  
\*email\_marhatang@poliupg.com

**Abstract:** *The research aims to apply electronic load control (ELC) to increase the frequency stability of generators at PLTMH. This research was conducted using a simulation method on 3 KW generators equipped with a complement and consumer load. The test was done by turning the generator on full charge and supplying electrical power to the complement load. Consumer loads are then gradually increased to see frequency changes. If the consumer load is big, the frequency will drop. These frequency changes are detected by frequency sensor, then the output from frequency sensor is received by microcontrollers which will be used to adjust the gate of TRIAC that controls the electrical power channeled to the compression load. This arrangement process is repeated and completed when frequency is set at point 49.5-50.5 Hz. The results of research on frequency control using ELC obtained a stable frequency at range 49.64-50.22 Hz.*

**Keywords:** *electronic load controller (ELC), frequency, PLTMH, TRIAC*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pengontrolan beban secara elektronik (ELC) untuk meningkatkan stabilitas frekuensi generator pada PLTMH. Penelitian dilakukan dengan metode simulasi pada generator 3 kW yang dilengkapi dengan beban komplemen dan beban konsumen. Pengujian dilakukan dengan memutar generator pada pembebanan penuh dan mensuplai daya listrik ke beban komplemen. Kemudian beban konsumen dinaikkan secara bertahap untuk melihat perubahan frekuensi. Jika beban konsumen besar maka frekuensi akan turun. Perubahan frekuensi tersebut dideteksi oleh sensor frekuensi kemudian output dari sensor frekuensi diterima oleh mikrokontroler yang akan diolah untuk mengatur *switching* pada TRIAC yang mengendalikan daya listrik yang dialirkan ke beban komplemen. Proses pengaturan ini akan berulang dan selesai jika frekuensi berada pada set point 49,5 – 50,5 Hz. Hasil pengujian penelitian pengendalian frekuensi dengan menggunakan ELC diperoleh frekuensi yang stabil pada range 49,64 -50,22 Hz.

Kata kunci: *electronic load controller (ELC), frekuensi, PLTMH, TRIAC*

### **I. PENDAHULUAN**

Besar energi listrik di Indonesia hingga tahun 2018 mencapai 64.924,080 MW [1]. Untuk itu di Indonesia telah banyak dibangun pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan dan tidak terbarukan (konvensional). Berdasarkan [2] pada tahun 2018 kapasitas pembangkit energi terbarukan mencapai 16.425,46 MW (25,3%) sedangkan pembangkit energi konvensional sebesar 74,7%.

Salah satu pembangkit listrik dibidang energi terbarukan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH memanfaatkan debit aliran sungai untuk memutar turbin sehingga generator yang terkopel dengan turbin dapat menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan oleh generator akan langsung didistribusikan kepada konsumen. Dalam proses pendistribusiannya, diharapkan tidak terjadi masalah. Namun pada kenyataannya dilapangan, ada berbagai masalah yang terjadi pada PLTMH. Salah satunya adalah permasalahan pad metode pembagian beban.

Daya yang dilayani oleh generator tidak semuanya diserap oleh beban karena kebutuhan daya yang dibutuhkan oleh konsumen berubah-ubah. [3] menyatakan jika beban konsumen berubah, maka arus dari generator yang diserap juga akan berubah. Perubahan beban tersebut dapat mempengaruhi kondisi generator baik tegangan, putaran, dan frekuensi yang berdampak kurang optimalnya penyaluran daya hingga kerusakan terhadap beban dan generator.

Ketidakstabilan frekuensi disebabkan oleh perubahan beban, dimana beban yang digunakan tidak sama dengan energi listrik yang dihasilkan oleh generator sehingga terjadi perubahan putaran yang berakibat langsung pada perubahan frekuensi [4].

Untuk mengantisipasi agar tidak terjadinya kerusakan pada peralatan utama pembangkit yang dalam hal ini adalah generator, tentunya harus dibuat suatu sistem pengontrolan. Pada sistem pengontrolan ini, direncanakan sistem beban buatan (beban komplemen) sehingga jika terjadi perubahan beban, frekuensi pada generator bisa konstan dengan cara mengalihkan kelebihan beban konsumen ke beban komplemen. Sistem pengontrolan ini dapat memantau fluktuasi beban, baik dibeban konsumen maupun dibeban buatan dengan mengacu pada perubahan frekuensi.

Oleh karena itu, untuk memperoleh frekuensi yang konstan maka dilakukan pembuatan *electronic load controller* pada generator.

**A. Generator**

Generator memiliki 3 variabel utama sehingga dapat menghasilkan listrik, yaitu magnet, kumparan/penghantar dan gerakan. Prinsip kerja generator adalah aplikasi dari hukum Faraday, yaitu apabila ada konduktor/penghantar yang digerakkan disekitar medan magnet maka akan menimbulkan ggl pada konduktor tersebut.

Generator yang biasa digunakan pada sistem pembangkitan listrik adalah generator sinkron. Pada generator sinkron frekuensi dan tegangan yang dihasilkan sesuai dengan kecepatan putarnya. Hubungan tersebut dapat ditentukan dengan persamaan (1):

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(1)$$

- Dengan: n = kecepatan rotor (rpm)
- f = frekuensi tegangan (Hz)
- P = jumlah kutub

**B. Kualitas Daya Listrik (Power Quality)**

Penurunan kualitas daya merupakan salah satu komponen pemborosan energi listrik pada aspek teknis. Penurunan kualitas daya akan menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada sisi beban, bahkan bisa menyebabkan penurunan kapasitas daya (*derating*) pada sisi pembangkitnya. Untuk menjaga kualitas daya, [5] menetapkan frekuensi nominal 50 Hz, diusahakan untuk tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz, dan selama waktu keadaan darurat (*emergency*) dan gangguan, frekuensi Sistem diizinkan turun hingga 47,5 Hz atau naik hingga 52 Hz sebelum unit pembangkit diizinkan keluar dari operasi.

**C. Beban Komplemen**

Beban komplemen dikontrol secara otomatis untuk menggantikan beban PLTMH yang hilang. Prinsip pengaturannya adalah menyeimbangkan antara daya generator yang bekerja kontinu dengan beban (daya) konsumen. Dengan daya beban konsumen selalu berubah-ubah. Pada saat daya beban konsumen berkurang, daya yang dihasilkan generator akan diserap ke beban komplemen sesuai dengan nilai daya beban konsumen yang berkurang. Jadi beban total generator tidak berubah sehingga tegangan dan frekuensi generator tetap konstan. Beban komplemen yang digunakan adalah heater.

**D. Electronic Load Controller (ELC)**

*Electronic Load Controller* (ELC) adalah sebuah pengatur beban berfungsi untuk menyeimbangkan daya yang dihasilkan oleh generator dengan daya konsumen serta untuk menkonstantakan frekuensi yang dihasilkan generator walaupun beban berubah-ubah. ELC dipasang diantara generator dan beban konsumen. Dengan menggunakan heater (beban komplemen), ELC akan membagi arus yang dihasilkan dari generator ke kedua beban yaitu beban konsumen dan beban pengganti. Dengan menggunakan ELC maka PLTMH akan tetap bekerja pada keadaan nominal walaupun beban konsumen berubah-ubah [6].

*Electronic Load Controller* (ELC) bekerja dengan membagi tegangan keluaran generator terhadap daya konsumen dan daya beban komplemen (*heater*) sehingga frekuensi serta putaran generator konstan.

Dalam persamaan matematis menurut Protel Multi Energi sebagai berikut:

$$P_{generator} = P_{konsumen} + P_{heater} \dots\dots\dots(2)$$

**E. TRIAC**

TRIAC merupakan tipe SCR (Silicon Controlled Rectifier) yang bekerja secara bidirectional. Pada TRIAC terdapat sebuah terminal Gate (G) yang digunakan untuk pemicu (trigger) prategangan maju [7]. TRIAC sangat cocok untuk digunakan sebagai AC Switching (Saklar AC) karena dapat mengendalikan aliran arus listrik pada dua arah siklus gelombang bolak-balik AC.

**F. Mikrokontroler**

Mikrokontroler digunakan untuk membaca perubahan frekuensi dengan sensor frekuensi. Mikrokontroler akan mengategorikan suatu frekuensi dikatakan normal ataupun tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Sensor akan mendeteksi perubahan frekuensi dan dibaca oleh mikrokontroler, kemudian mikrokontroler akan memerintahkan pembukaan sakelar elektronik TRIAC untuk mengatur tegangan yang masuk ke beban komplemen sesuai dengan perubahan daya pada konsumen sehingga frekuensi selalu terjaga pada range-nya.

**II. METODE PENELITIAN**

**A. Tempat dan Waktu Penelitian**

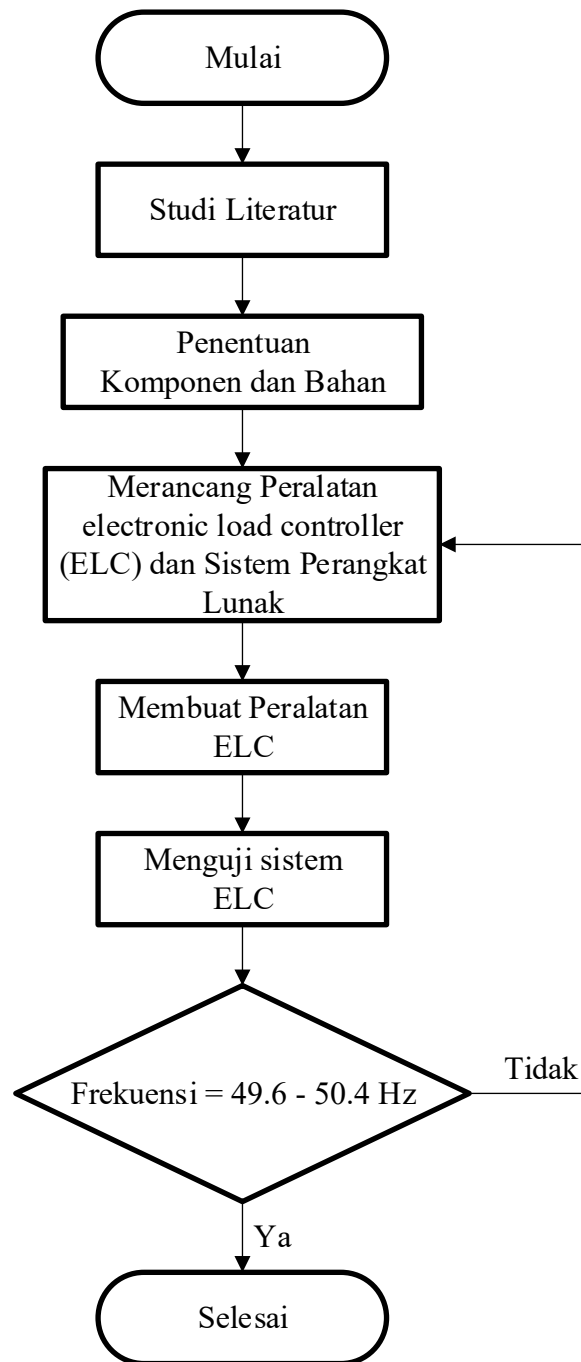
Penelitian dilakukan di PLTMH Pallawa yang berlokasi di desa Pallawa Kab. Bone dengan mengambil data pada name plate generator agar dapat menentukan komponen pembuatan ELC yang sesuai dengan generator yang digunakan. Kemudian proses perancangan dan pembuatan ELC dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang selama 6 bulan.

Prosedur pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi karena PLTMH Pallawa sedang tidak beroperasi yang diakibatkan oleh rusaknya lahar pada turbin. Untuk itu, pengujian dilakukan dengan menggunakan generator dan diberikan beban lampu, setrika, dan kipas angin yang mewakili beban masyarakat.

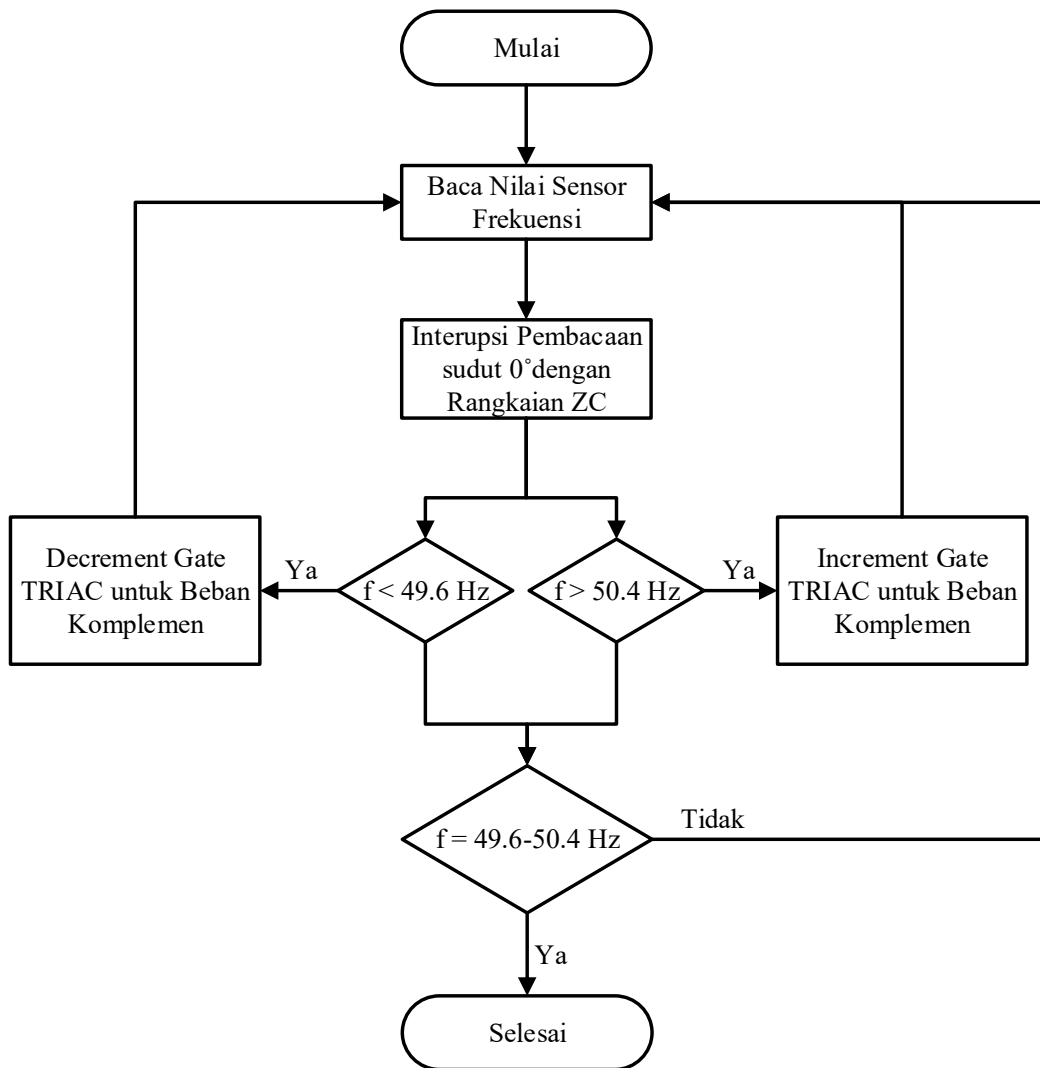
Pengujian dilakukan dengan memberikan beban secara bertahap yang diasumsikan terjadi pada siang hari kemudian ditambah hingga mencapai beban puncak yang terjadi pada malam hari. Selanjutnya dilakukan pengurangan beban untuk melihat apakah ELC dapat merespon dengan baik sehingga jika kelebihan beban tersebut dapat dialihkan ke beban komplemen.

Data yang dicatat pada proses pengujian adalah tegangan, arus, frekuensi dan putaran generator pada saat sebelum dan setelah dihubungkan dengan sistem ELC.

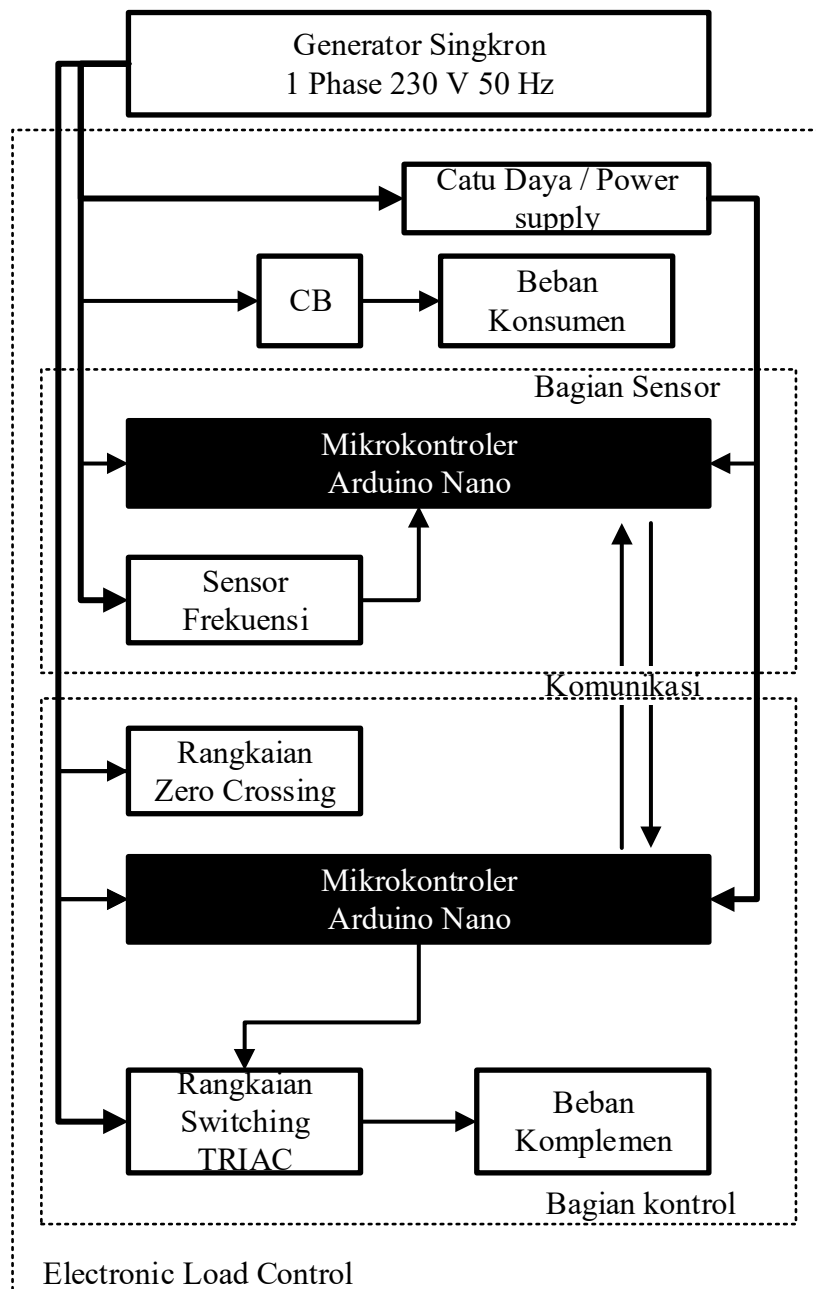
**B. Prosedur Penelitian**



Gambar 1 Flowchart penelitian



Gambar 2 Flowchart Prinsip Kerja Bagian Kontrol



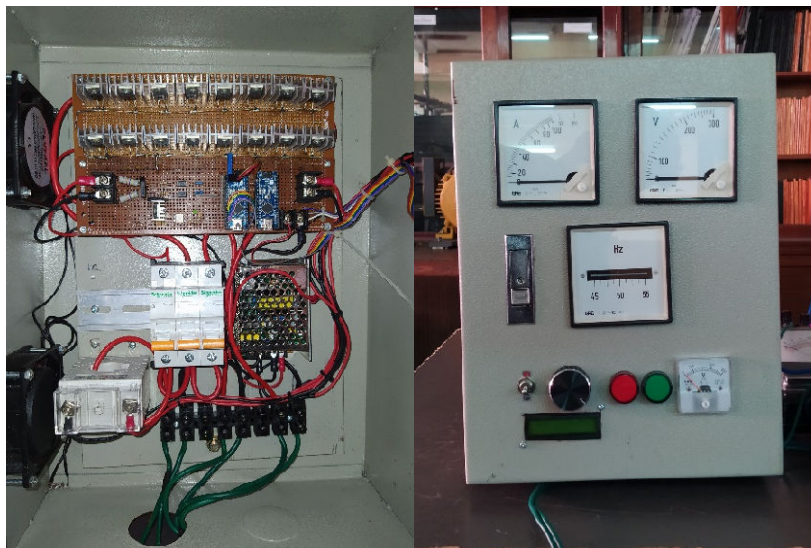
Gambar 3 Sistem secara keseluruhan

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Electronic Load Control Hasil Rancang Bangun

Pembuatan panel ELC dengan desain ukuran 30x40 dilengkapi dengan mikrokontroler dan beberapa alat ukur (voltmeter, amperemeter, dan frekuensimeter) untuk melihat parameter terukur yang dihasilkan oleh keluaran generator serta tegangan yang mengalir ke beban komplemen.

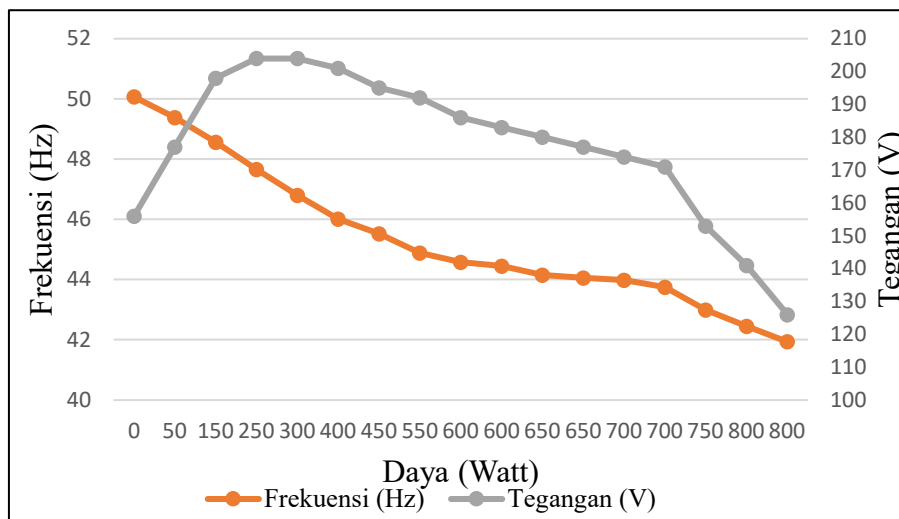
ELC yang dibuat sesuai dengan spesifikasi generator yang ada di PLTMH Pallawa Kab. Bone. Namun, pada tahap pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi dengan menggunakan generator sinkron 3 kW dikarenakan PLTMH Pallawa sedang tidak beroperasi.



Gambar 4 Panel ELC

**B. Hasil Pengujian Pembebanan Generator Sinkron Tanpa ELC**

Pengujian pembebanan generator tanpa ELC dilakukan untuk membuktikan dan membandingkan pengendalian beban generator dengan menggunakan ELC. Pengujian ini dilakukan langsung dari generator ke beban konsumen tanpa menggunakan beban komplemen. Pengujian dilakukan dari beban terendah (50 W) hingga beban tertinggi (800 W), kemudian beban dikurangi secara bertahap untuk melihat perubahan putaran dan frekuensi generator.



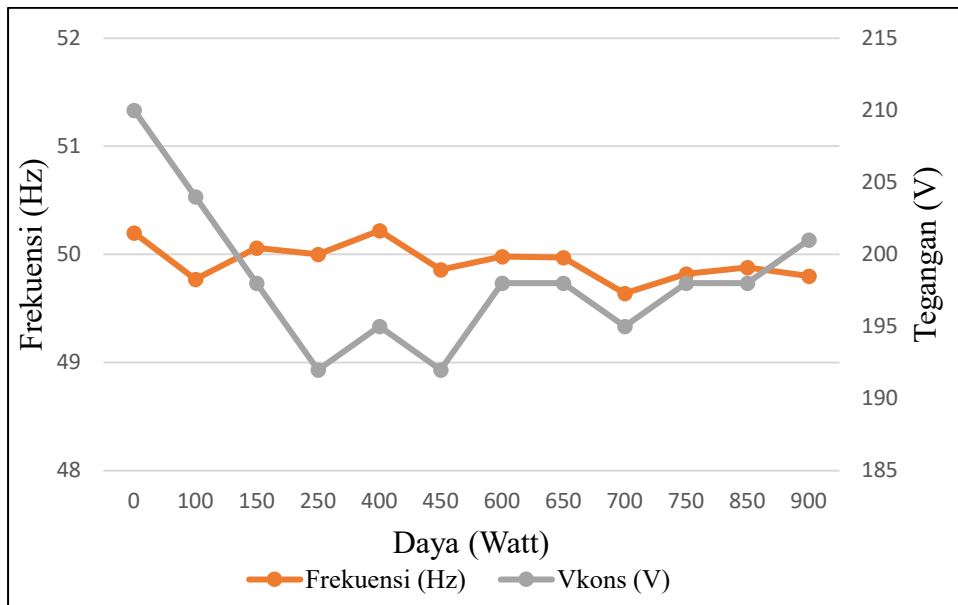
Gambar 5 Grafik frekuensi terhadap daya tanpa ELC

Dari Gambar 5 diatas, terlihat bahwa frekuensi tanpa menggunakan ELC berbanding terbalik dengan daya. Awalnya ketika generator belum dibebani, frekuensiknya sebesar 50,07 Hz. Namun saat generator dibebani secara bertahap, frekuensi turun hingga mencapai 41,94 Hz pada beban 800 Watt. Gambar diatas juga memperlihatkan tegangan tanpa ELC pada generator sinkron akan turun seiring bertambahnya beban. Saat generator belum dibebani, tegangannya sebesar 156 Volt. Ketika generator dibebani sebesar 50 Watt, tegangan naik menjadi 177 Volt hingga 204 Volt pada beban 250 Watt.

Namun ketika dibebani 300 Watt, tegangan generator mulai turun menjadi 201 Volt. Penambahan beban terus dilakukan hingga 800 Watt sehingga tegangan generator turun menjadi 126 Volt.

**C. Hasil Pengujian Pembebanan Generator Sinkron dengan ELC**

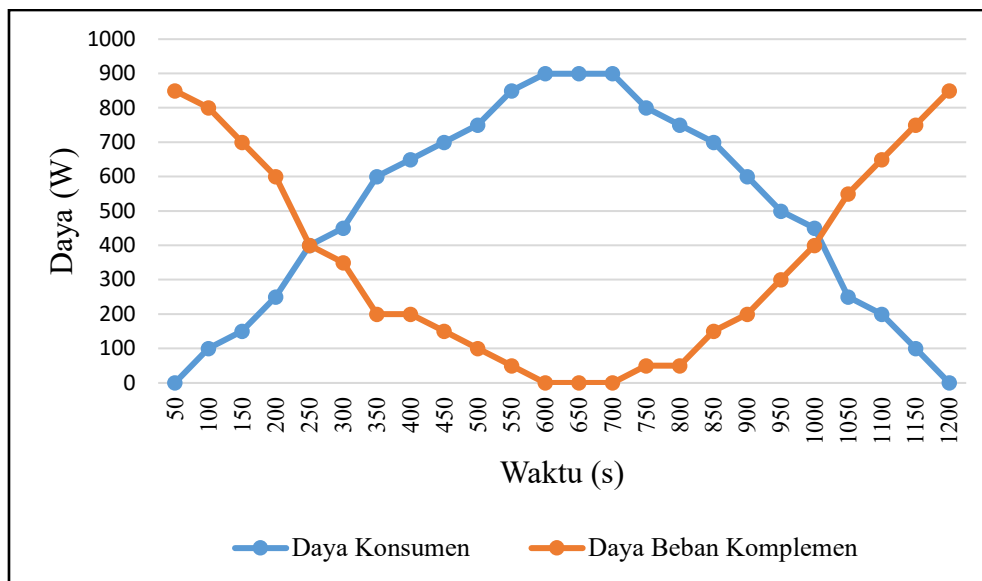
Pengujian pembebanan generator dengan ELC dilakukan dengan penambahan dan pengurangan beban secara bertahap untuk melihat perubahan putaran dan frekuensi generator serta perubahan daya, tegangan serta arus yang masuk ke heater saat dilakukan variasi beban konsumen.



Gambar 6 Grafik frekuensi dan tegangan terhadap daya dengan ELC

Gambar 6 diatas menunjukkan grafik frekuensi generator yang menggunakan ELC terhadap perubahan daya. Terlihat bahwa frekuensi cenderung konstan pada range 49,64 - 50,22. Gambar diatas juga memperlihatkan tegangan dengan menggunakan ELC pada generator sinkron mengalami fluktuatif. Pada saat generator belum dibebani, tegangannya 210 Volt. Ketika generator dibebani sebesar 100 Watt, tegangannya turun menjadi 198 Volt. Namun seiring dengan penambahan beban, tegangan cukup stabil dengan rata-rata 198 Volt.





Gambar 7 Grafik perubahan daya konsumen dan daya beban komplemen terhadap waktu

Gambar 7 menunjukkan hubungan perubahan daya konsumen dan daya yang dialihkan ke beban komplemen. Garis yang berwarna biru merupakan daya konsumen sedangkan garis yang berwarna orange merupakan daya beban komplemen. Saat pemberian beban konsumen secara bertahap yang dimulai dari nol, seluruh daya listrik yang dihasilkan oleh generator dialihkan ke beban komplemen. Namun seiring dengan bertambahnya beban konsumen hingga mencapai beban puncak, daya pada beban komplemen terus berkurang seiring dengan bertambahnya beban konsumen. Selanjutnya saat beban konsumen diturunkan, daya yang dilepas oleh beban konsumen dialihkan ke beban komplemen sehingga daya pada beban komplemen bertambah.

#### IV. KESIMPULAN

Cara mempertahankan frekuensi yang konstan adalah dengan menggunakan switching TRIAC dengan mengatur tegangan yang masuk ke beban komplemen sehingga beban generator dapat distabilkan sesuai dengan daya yang dihasilkan oleh generator. ELC yang akan mengatur jumlah beban yang akan dialirkan ke beban komplemen sesuai dengan jumlah perubahan daya pada beban konsumen agar putaran generator stabil pada 1500 rpm sehingga frekuensi generator dapat stabil. Rancang bangun ELC sebagai pengatur frekuensi pada generator sinkron telah berhasil dibuat sesuai dengan perancangan dan dapat menstabilkan frekuensi pada range 49,64-50,22 Hz dengan beban konsumen 900 Watt.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

Arifai, Muhammad dan Muhammad Hadi Satria. 2017. Analisis Kekonstanan Frekuensi dan Tegangan Sistem Tenaga Listrik PT. Aneka Tambang (Persero) Tbk UBPN Sulawesi Tenggara. Makassar: Universitas Hasanuddin

[1] Direktorat Ketenagalistrikan. 2019. *Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2018*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta. 118 hal.

- [2] Direktorat Ketenagalistrikan. 2015. *Statistik Ketenagalistrikan 2014*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta. 36 hal.
- [3] Sujatno. 2012. Analisis sistem kendali beban elektronik (ELC) sebagai konstanisasi energi listrik berbasis mikrokontroler. Makalah disajikan dalam Lokakarya Nasional Pengelolaan dan Penyuntingan Jurnal Ilmiah, Yogyakarta: STTN – BATAN.
- [4] Arifai, Muhammad dan Muhammad Hadi Satria. 2017. Analisis Kekonstanan Frekuensi dan Tegangan Sistem Tenaga Listrik PT. Aneka Tambang (Persero) Tbk UBPN Sulawesi Tenggara. Makassar: Universitas Hasanuddin
- [5] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2009. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 04 Tahun 2009 Tanggal 20 Februari 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik*. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta. 47 hal.
- [6] Saleh, Edwin dkk. 2018. Perancangan Sistem Kontrol *Dummy Load* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro *Standalone* Menggunakan Arduino Uno. Dielektrika. III(2):105-112.
- [7] Herlan dan Brilliant Adhi Prabowo. 2009. Rangkaian Dimmer Pengatur Illuminasi Lampu Pijar Berbasis *Internally Triggered* TRIAC. INKOM. III(1-2):14-21.