

RANCANG BANGUN PENGENDALI TEGANGAN DAN FREKUENSI PLTMH

Marhatang¹, Andreas Pangkung¹

¹Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

ABSTRACT

This study aims to apply Electronic Load Control (ELC) to increase the stability of the generator voltage and frequency on Micro Hydro. The research was conducted using an experimental method on a 3 kW generator equipped with complementary loads and consumer loads. The test is carried out by turning the generator at full load and supplying electrical power to the complementary load. Then the consumer load is increased gradually to see changes in voltage and frequency. If the consumer burden is large, the frequency will decrease. The frequency change is detected by the frequency sensor then the output from the frequency sensor is received by the microcontroller which will be processed to regulate the switching on the TRIAC which controls the electrical power supplied to the complementary load. This setting process will repeat and complete if the frequency is at the set point of 49.5 – 50.5 Hz. The results of the research on voltage and frequency control using ELC obtained a stable voltage in the range of 192 – 210 V and a stable frequency in the range of 49.64 -50.22 Hz.

Keywords: *Electronic Load Controller (ELC), frequency, Micro Hydro, TRIAC*

1. PENDAHULUAN

Untuk menyeimbangkan laju pertumbuhan rata-rata kebutuhan energi listrik nasional yang tumbuh sekitar 6.8% per tahun [1], dengan laju rata-rata pertumbuhan pembangkit yang hanya tumbuh sekitar 6.69% per tahun [2], maka telah banyak dibangun pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan dan tidak terbarukan (konvensional). Berdasarkan data pada tahun 2019 kapasitas pembangkit energi terbarukan mencapai 16.425,46 MW (25,3%) sedangkan pembangkit energi konvensional sebesar 74,7% [2]

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 di lapangan, ada berbagai masalah yang terjadi pada PLTMH, utamanya terkait dengan ketidakstabilan tegangan dan frekuensi akibat fluktuasi beban.

Daya yang dibangkitkan oleh generator tidak selalu diserap oleh beban secara keseluruhan, karena kebutuhan daya yang dibutuhkan oleh konsumen berubah-ubah. Sujatno menyatakan jika beban konsumen berubah, maka arus dari generator yang diserap juga akan berubah [3]. Perubahan beban tersebut dapat mempengaruhi kondisi generator baik tegangan, putaran, dan frekuensi yang berdampak kurang optimalnya penyaluran daya hingga timbulnya 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, tegangan dan frekuensi pada generator bisa konstan dengan cara mengalihkan kelebihan beban konsumen ke beban komplemen. Sistem pengontrolan ini dapat memantau fluktuasi beban, baik pada beban konsumen maupun pada beban komplemen dengan mengacu pada perubahan frekuensi.

1.1 Generator

Generator memiliki 3 variabel utama sehingga dapat menghasilkan listrik, yaitu magnet, kumparan/penghantar dan gerakan. Prinsip kerja generator adalah penerapan 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):

¹ Korespondensi penulis: Marhatang, telp 082189393981, email: marhatang@poliupg.ac.id

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

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

1.2 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, Departemen Energi dan Sumber Daya Menineral 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 [5].

1.3 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.

1.4 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 menkonstantkan tegangan dan frekuensi yang dihasilkan generator walaupun beban berubah-ubah. ELC dipasang diantara generator dan beban konsumen. Dengan menggunakan heater sebagai beban komplemen, ELC akan membagi arus yang dihasilkan dari generator ke kedua beban yaitu beban konsumen dan beban komplemen. 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 tegangan dan frekuensi serta putaran generator konstan.

Dalam persamaan matematis menurut Protel Multi Energi sebagai berikut:

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

1.5 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.

1.6 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.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara desain dan eksperimental, dimana penelitian dimulai dengan melakukan perancangan dan pembuatan sistem uji pengendali tegangan dan frekuensi pada PLTMH. Sistem alat uji ini terdiri atas terdiri atas beberapa bagian utama, antara lain:

- 1) Generator sebagai pembangkit listrik pada PLTMH

- 2) Beban konsumen (beban yang terpakai pada masyarakat)
- 3) Dummy load sebagai beban komplemen jika terjadi daya lebih (over supply) dari generator
- 4) Electronic load controller (ELC) yang akan mengendalikan peralihan beban ke beban komplemen jika terjadi over supply.

Setelah sistem uji pengendalian tegangan dan frekuensi selesai dibuat, maka dilakukan pengambilan data pengujian untuk digunakan dalam menganalisis kinerja sistem yang diuji pada saat terjadi overload.

Prosedur pengujian alat ini dilakukan untuk melihat kinerja alat yang telah dibuat dengan membandingkan data hasil pengujian pengoperasian PLTMH dengan dan tanpa ELC. Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu telah disiapkan beberapa peralatan seperti voltmeter, amperemeter, tachometer, dan wattmeter.

Untuk meningkatkan keandalan alat yang dirancang bangun, pengujian dilakukan dengan memberikan situasi yang mirip atau mendekati kondisi/kenyataan dilapangan. Pada kenyataannya kondisi pembebanan PLTMH di masyarakat desa umumnya masih di dominasi oleh beban penerangan dan beberapa beban peralatan elektronik lainnya seperti telepon genggam, televisi, dan radio. Kondisi ini menyebabkan beban pada siang hari hanya sedikit dan mencapai puncaknya pada malam hari. Kondisi inilah yang digunakan dalam pengujian alat.

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 terjadi kelebihan, beban tersebut dapat dialihkan ke beban komplemen.

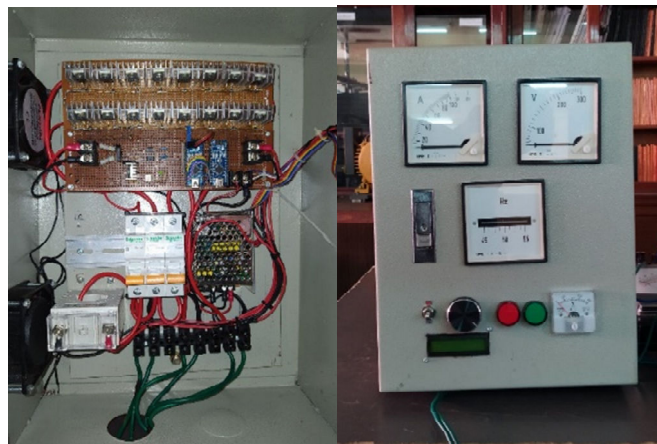
Data yang dicatat pada proses pengujian adalah tegangan, arus, frekuensi dan putaran generator pada saat sebelum dan setelah dihubungkan dengan sistem ELC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Electronic Load Control Hasil Rancang Bangun

Hasil pembuatan panel ELC Gambar 1 dengan ukuran panel 30 cm x 20 cm x 40 cm, dilengkapi dengan mikrokontroler dan beberapa alat ukur (voltmeter, amperemeter, dan frekuensimeter) untuk melihat parameter terukur yang dihasilkan oleh keluaran generator serta arus yang mengalir ke beban komplemen.

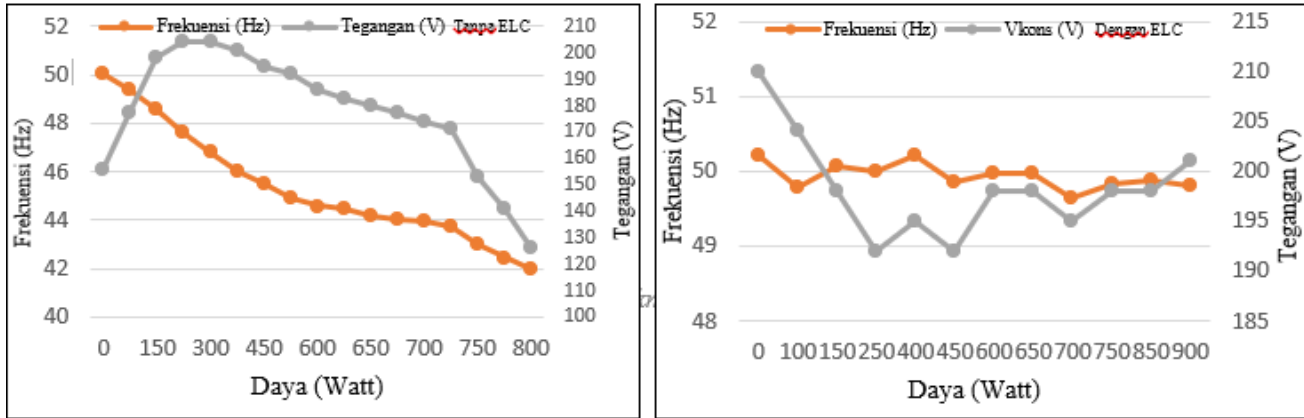
ELC yang dibuat mengacu pada spesifikasi generator yang digunakan sebagai pembangkit pada PLTMH, yaitu generator sinkron dengan daya 3kW, tegangan 220 V, dan frekuensi 220 Hz.



Gambar 1. Panel ELC

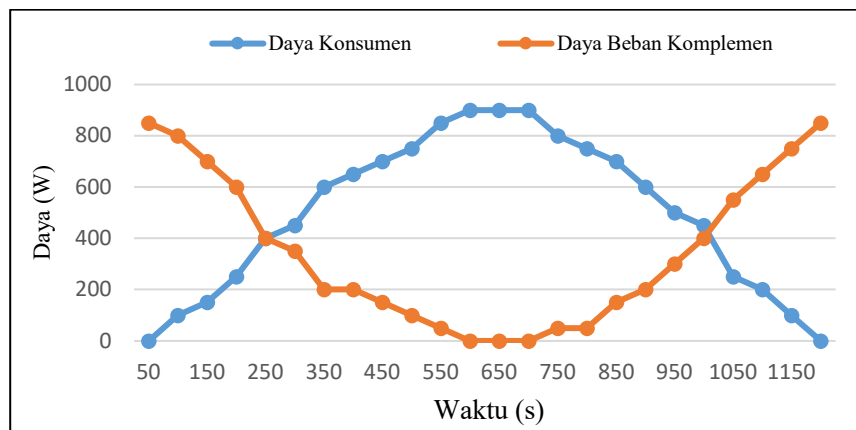
3.2 Hasil Pengujian Pembebanan Generator PLTMH

Hasil pengujian operasi pembebanan generator PLTMH tanpa dan dengan ELC disajikan secara grafis seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Kurva frekuensi dan tegangan fungsi beban tanpa ELC dan dengan ELC

Dari kurva tersebut terlihat bahwa tegangan dan frekuensi generator PLTMH pada operasi tanpa ELC menunjukkan regulasi yang sangat buruk, dimana tegangan dan frekuensi mengalami fluktuasi sangat besar yaitu 126 V – 204 V dan 42.5 Hz – 50.07 Hz. Nilai tegangan dan frekuensi ini sangat jauh dari standar yaitu tegangan dengan batas minimum -10% dan maksimum + 5% dari 220 V (198 V – 230 V) dan frekuensi 49.5 Hz – 50.5 Hz. Sedangkan operasi dengan menggunakan ELC menunjukkan regulasi yang cukup bagus sesuai dengan , dimana tegangan dan frekuensi mengalami fluktuasi yang kecil, yaitu tegangan tertinggi 210 V dan terendah 192 V, dan frekuensi tertinggi 50.22 dan terendah 49.64 Hz.



Gambar 3. Kurva respon ELC mengontrol beban komplemen akibat perubahan daya konsumen

Gambar 3 menunjukkan kurva respon ELC dalam menanggapi perubahan beban pada konsumen. Dari kurva tersebut nampak pada saat beban konsumen tidak ada yang beroperasi, maka semua beban akan dialihkan ke beban komplemen oleh ELC. Selanjutnya begitu beban konsumen mulai naik, maka ELC akan mengurangi beban komplemen sesuai dengan laju kenaikan beban konsumen. Pada saat beban konsumen mencapai maksimum, maka beban komplemen sama dengan nol. Dari sini nampak bahwa ELC bekerja sangat baik dalam memberikan respon/tanggapan berupa pengontrolan daya yang mengalir ke beban komplemen sebagai akibat dari terjadinya perubahan daya pada konsumen, sehingga dengan demikian tegangan dan frekuensi dari keluaran generator dapat dijaga dalam batas-batas yang di izinkan.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian dan pembahasan di atas dapat disimpulkan :

1. Penerapan ELC dalam pengendalian tegangan dan frekuensi pada generator PLTMH menunjukkan performansi yang baik, dimana respon ELC mampu menjaga stabilitas tegangan pada range 192 – 210 V dan frekuensi 49.64 – 50.22 Hz.
2. Penggunaan TRIAC sebagai komponen utama penyaklaran yang dikendalikan oleh mikrokontroller dalam merespon fluktuasi beban dari generator PLTMH menunjukkan performansi yang

memuaskan, karena mampu memberikan respon yang proporsional sesuai dengan fluktuasi beban pada konsumen, sehingga tegangan dan frekuensi generator PLTMH memiliki kestabilan yang baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Keputusan Menteri ESDM Nomor 143K/20/MEM/2019 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2038.
- [2] Direktorat Jendral Ketenagalistrikan. 2020. *Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- [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.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) atas dukungan dana yang diberikan.