

## INVESTIGASI LISTRIK MIKROHIDRO DI PERKEBUNAN GUNUNG PASANG KECAMATAN PANTI, JEMBER

*Micro-hydro Electricity Investigation in Gunung Pasang Plantation of Panti District, Jember*

**Dedy Eko Rahmanto<sup>1)\*</sup>, Michael Joko Wibowo<sup>1)</sup>, Ahmad Fahriannur<sup>1)</sup>, Abdul Ghofur<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Jember

Jalan Mastrip Kotak Pos 164 Jember, Jawa Timur, Indonesia

\*Korespondensi Penulis: [dedy\\_eko@polije.ac.id](mailto:dedy_eko@polije.ac.id)

### ABSTRACT

*Gunung Pasang plantation has a micro-hydro power plant which is used for electricity needs of the factory and the surrounding residents. The micro-hydro power plant is not equipped with an electronic load controller system. The micro-hydro electric voltage can change at any time if there are some changes in consumer load. Micro-hydro electricity investigation is needed to determine the feasibility of the micro-hydro electricity. The investigation was carried out by recording the micro-hydro electricity data which is produced in Gunung Pasang Plantation. Data recording is done by installing a power logger while the micro-hydro turbine operates. The results of the investigation showed that the electric voltage which is generated by Gunung Pasang micro-hydro was fluctuating from less than 100 volts to more than 245 volts with a voltage value that deviated a lot from the 1995 SPLN rule. The average daily voltage which was generated was around 150.34 to 172.18 volts with a standard deviation of 22.11 to 30.67 volts. Micro-hydro operators tried to regulate the work of micro-hydro turbines at all times so the generated voltage could reach the stability. This unstable electrical condition was actually not feasible and had possibility to cause damage to consumer's electrical equipment. It was necessary to have an electronic load controller system so the outcome of the micro-hydro voltage could be stable and safe.*

**Keywords:** *investigation, micro-hydro, voltage*

### PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan utama masyarakat pada saat ini. Kebutuhan listrik di Pulau Jawa banyak disuplai oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara). Akan tetapi masih ada sebagian wilayah pedesaan yang belum mendapatkan aliran listrik dari PLN. Salah satu wilayah yang belum teraliri listrik PLN adalah lingkungan pabrik kopi dan karet Perkebunan Gunung Pasang yang terletak di Desa Suci Kecamatan Panti, Kabupaten Jember.

Perkebunan Gunung Pasang merupakan bagian dari Perusahaan Daerah Perkebunan Khayangan Jember. Berdasarkan hasil survei, Perkebunan Gunung Pasang sebenarnya memiliki potensi energi mikrohidro yang tinggi hingga lebih dari 100 kW, meskipun baru sebagian kecil yang dapat dimanfaatkan. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menghasilkan energi listrik untuk keperluan masyarakat maupun industri. Perkebunan Gunung Pasang sudah memiliki PLTMH dengan turbin

tipe *francis* untuk memenuhi kebutuhan listrik pabrik dan warga di sekitarnya (Rahmanto & Wibowo, 2020).

Pembangkit listrik mikrohidro di Perkebunan Gunung Pasang merupakan peninggalan zaman Belanda. Turbin mikrohidro Gunung Pasang digunakan energi mekaniknya secara langsung untuk penggilingan karet di siang hari dan digunakan untuk pembangkit listrik di malam hari. PLTMH Gunung Pasang belum dilengkapi dengan pengendali beban elektronik atau ELC (*Electronic Load Controller*).

PLTMH yang modern biasanya sudah dilengkapi dengan ELC untuk menstabilkan frekuensi dan tegangan listrik yang dihasilkan (Kathrivel *et al.*, 2015; Rahmanto & Femintasari, 2018). ELC akan secara otomatis menjaga beban generator selalu tetap sehingga frekuensi dan tegangan listrik yang dihasilkan dapat stabil. Tegangan listrik yang tidak stabil akan berbahaya bagi peralatan listrik yang dimiliki oleh konsumen mikrohidro (Rahayuningtyas *et al.*, 2012). Pembangkit listrik mikrohidro yang belum dilengkapi dengan ELC seperti PLTMH Gunung Pasang sangat memungkinkan untuk terjadinya fluktuasi atau perubahan tegangan listrik yang dihasilkannya. Hal tersebut bisa saja membahayakan peralatan listrik yang berada di beban konsumen (IMIDAP, 2010).

Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu dilakukan investigasi data kelistrikan yang dihasilkan oleh PLTMH Perkebunan Gunung Pasang. Tegangan listrik yang dihasilkan juga perlu dianalisis kelayakannya berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN). Hasil investigasi akan menunjukkan tegangan

listrik yang dihasilkan apakah sudah sesuai dengan SPLN. Apabila tegangannya masih kurang sesuai standar maka akan dapat dicarikan solusi penyelesaiannya.

## METODE PENELITIAN

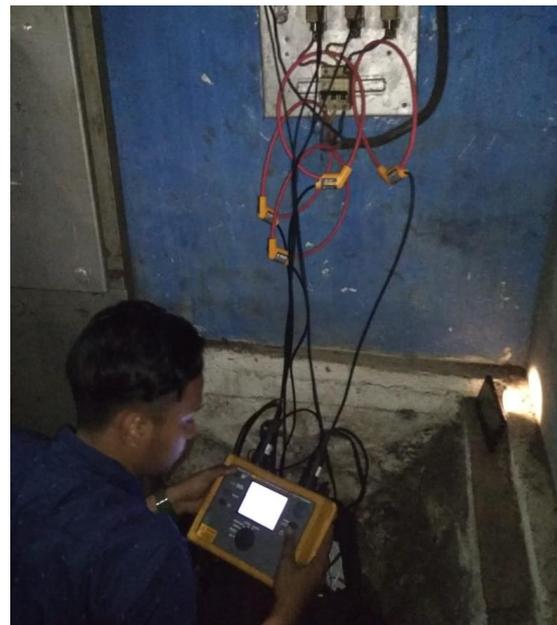
### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perekam data kelistrikan merk *Fluke* tipe 1735, kamera, alat tulis, dan komputer. Bahan yang digunakan adalah air yang menggerakkan turbin mikrohidro.

### Tahapan Penelitian

#### *Investigasi Listrik Mikrohidro Gunung Pasang*

Investigasi listrik di PLTMH Perkebunan Gunung Pasang dilaksanakan dengan melakukan perekaman data kelistrikan yang dihasilkan. Data kelistrikan mikrohidro direkam menggunakan *Fluke* tipe 1735 dengan interval pencatatan 20 detik (**Gambar 1**).



**Gambar 1.** Perekaman data kelistrikan Mikrohidro Gunung Pasang

Sensor arus dan sensor tegangan dipasang pada masing-masing fasa listrik keluaran generator PLTMH. Perekaman data dilakukan selama turbin generator mikrohidro beroperasi yaitu sekitar pukul 21.00 WIB hingga turbin berhenti beroperasi pada pagi hari sekitar pukul 05.00 WIB. Perekaman data kelistrikan dilakukan sebanyak 3 kali (3 malam) dengan durasi perekaman 20 detik. Data yang direkam berupa data tegangan, arus, daya, energi, dan frekuensi. Pengunduhan data kelistrikan dilakukan setelah perekaman data selesai.

#### Pengolahan Data Kelistrikan PLTMH

Data hasil pengamatan kelistrikan PLTMH Gunung Pasang dibaca dan diunduh menggunakan *software* dari *power logger* yang digunakan. Data kemudian disalin dan dipindahkan ke *Microsoft excel* untuk dilakukan pengolahan data.

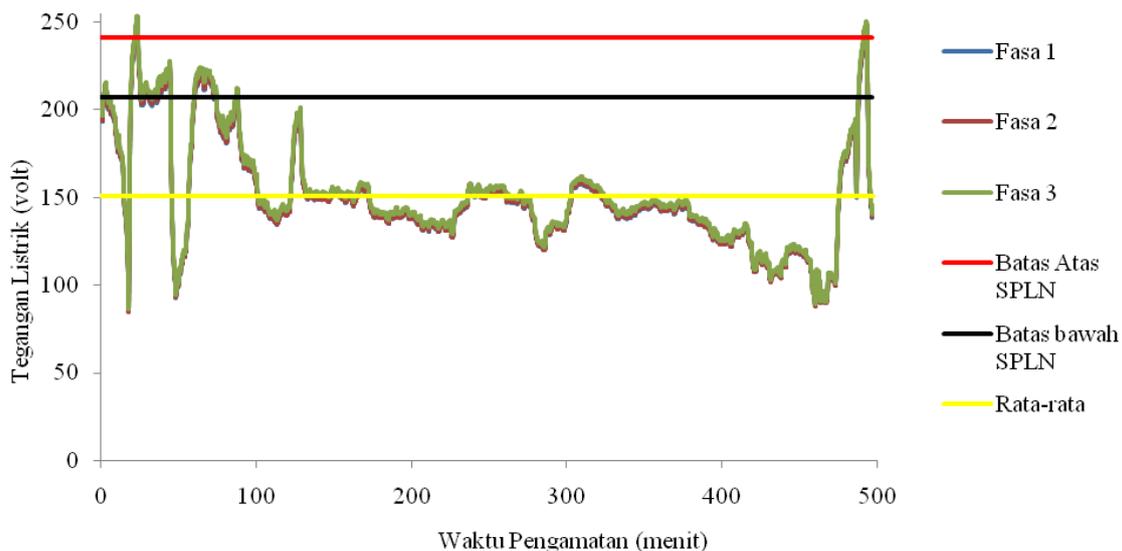
#### Metode Analisis

Data hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat diketahui hubungan antara waktu pengamatan dengan tegangan yang dihasilkan. Nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh PLTMH dibandingkan dengan tegangan standar yang ada dalam SPLN tahun 1995. Apabila tegangan yang dihasilkan selama waktu pengamatan masih berada dalam interval standar SPLN maka tegangannya masih layak.

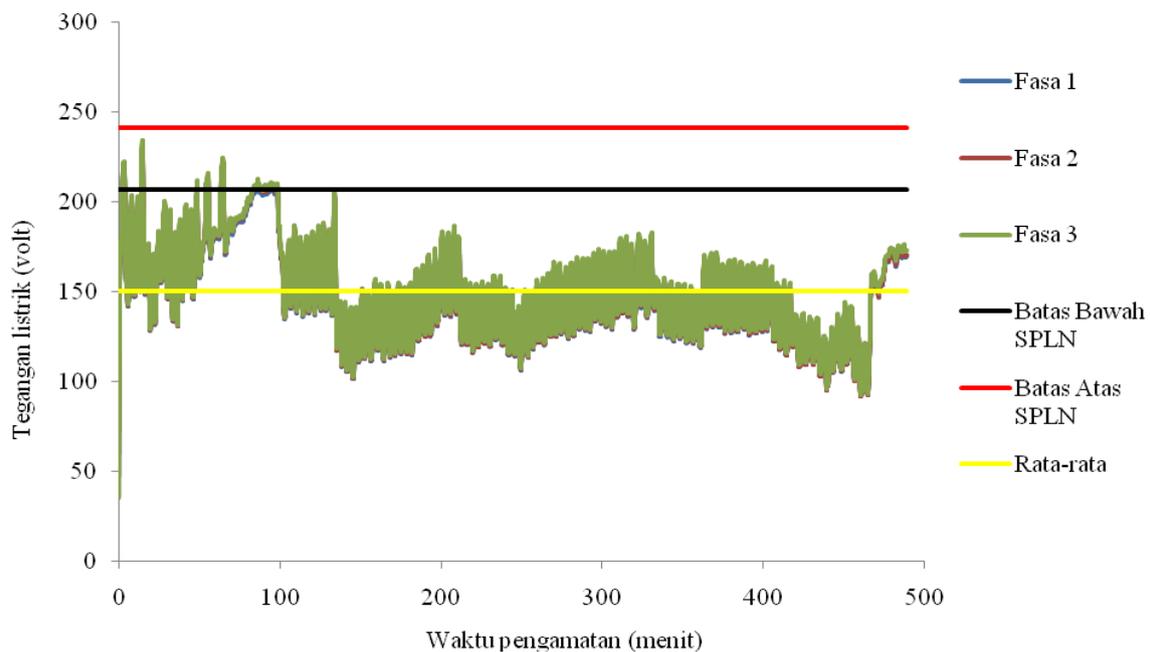
#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Tegangan Listrik Mikrohidro

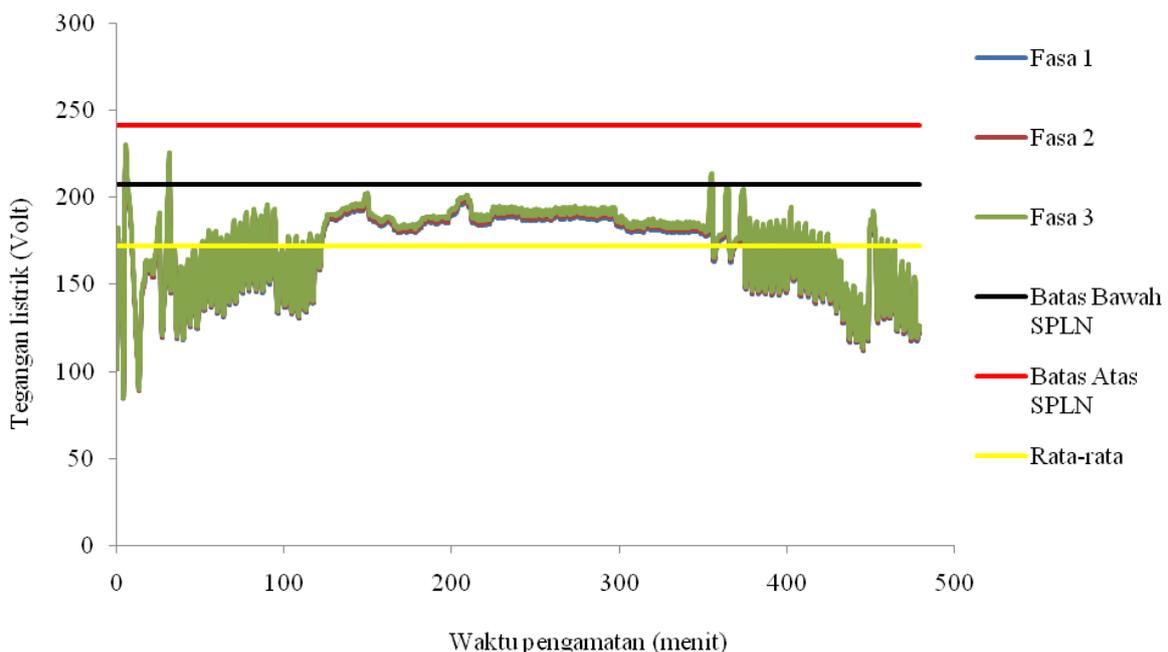
Tegangan listrik yang dihasilkan dari PLTMH Gunung Pasang berfluktuasi. Tegangan listrik yang terjadi adalah berkisar mulai kurang dari 100 volt hingga lebih dari 250 volt. Fluktuasi tegangan yang terjadi selama waktu pengamatan disajikan dalam bentuk grafik (**Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**).



**Gambar 2.** Tegangan listrik dari PLTMH Gunung Pasang pengamatan pertama



**Gambar 3.** Tegangan listrik dari PLTMH Gunung Pasang pengamatan kedua



**Gambar 4.** Tegangan listrik dari PLTMH Gunung Pasang pengamatan ketiga

Grafik tegangan tersebut dilengkapi dengan garis standar batas atas tegangan listrik dan batas bawah tegangan listrik yang sesuai dengan SPLN tahun 1995. Tegangan listrik rata-rata yang dihasilkan ditampilkan berupa garis kuning.

Fluktuasi tegangan seperti pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4** memperlihatkan bahwa tegangan yang dihasilkan PLTMH Perkebunan Gunung Pasang lebih banyak menyimpang dari nilai tegangan standar yang seharusnya.

Hal itu terjadi karena beban konsumen yang berubah-ubah dan yang terutama adalah karena PLTMH Gunung Pasang belum dilengkapi dengan pengendali beban elektronik. Tegangan listrik PLTMH tersebut akan turun apabila beban konsumen bertambah dan akan naik apabila beban konsumen berkurang. Beban konsumen dapat berfluktuasi setiap waktu karena konsumen bisa menambah atau mengurangi beban listrik sesuai dengan kebutuhannya pada saat PLTMH aktif menghasilkan listrik.

Tegangan listrik yang dihasilkan PLTMH juga meningkat apabila suplai air ke turbin ditingkatkan dan sebaliknya apabila suplai air dikurangi maka tegangan yang dihasilkan juga akan turun. Debit aliran air yang tersedia di PLTMH Gunung Pasang sebenarnya selalu stabil sekitar 200 liter/detik. Operator PLTMH Gunung Pasang harus selalu siaga untuk mengatur suplai air melalui pengarah aliran air ke turbin (*guide fane*) agar tegangan listrik yang dihasilkan bisa sesuai dengan harapan (**Gambar 5**). Operator akan mengurangi suplai air ke turbin apabila tegangan listrik yang dihasilkan meningkat dan sebaliknya akan menambah suplai air ke turbin apabila tegangan listrik yang dihasilkan turun. Akan tetapi upaya yang dilakukan oleh operator PLTMH tetap menghasilkan tegangan yang fluktuatif dan belum sesuai standar SPLN seperti pada **Gambar 2** hingga **Gambar 4**. Tegangan listrik yang dihasilkan tampak lebih stabil hanya pada waktu sekitar tengah malam. Hal itu kemungkinan karena pada waktu tersebut konsumen sudah tidak banyak beraktivitas.

Penyebab fluktuasi tegangan yang lainnya adalah karena perbandingan

diameter antara *pulley* turbin dan *pulley* generator yang tinggi. Perbandingan diameter *pulley* turbin dan *pulley* generator adalah 5:1. Berdasarkan teori penerusan daya maka torsi yang terjadi di *pulley* turbin akan 5 kali lebih tinggi dibandingkan torsi di *pulley* generator. Hal itu akan menyebabkan putaran turbin mudah menurun apabila terjadi peningkatan beban. Menurunnya putaran turbin akan menurunkan tegangan listrik yang dihasilkan (Ashby, 2017; Mott *et al.*, 2018).



**Gambar 5.** Pengaturan *guide fane* suplai air turbin PLTMH Gunung Pasang oleh operator

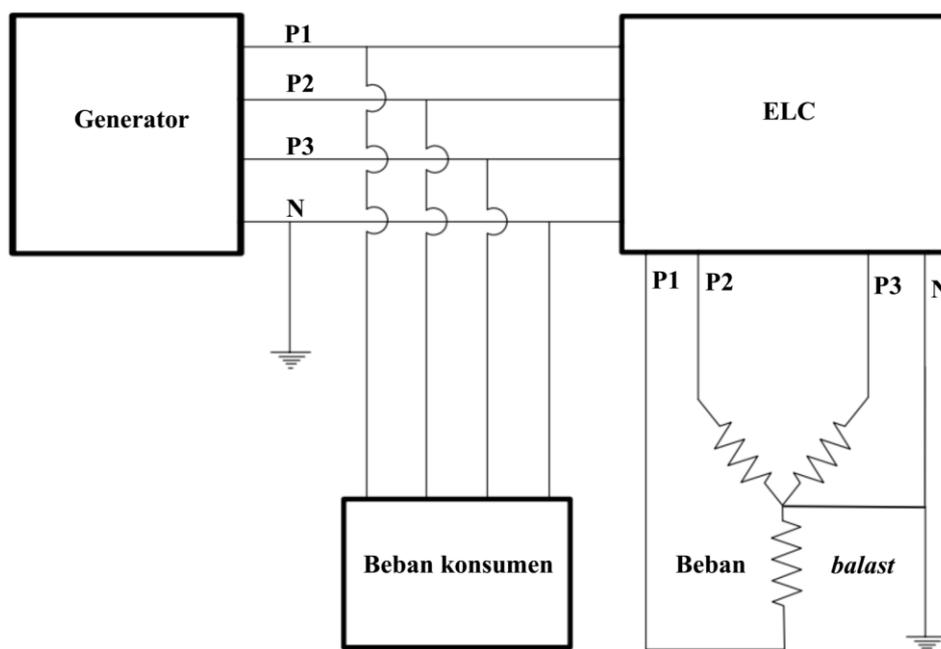
Tegangan listrik rata-rata PLTMH Gunung Pasang adalah  $151,03 \pm 30,67$  volt untuk pengamatan hari pertama,  $150,34 \pm 26,01$  volt untuk pengamatan hari kedua, dan  $172,18 \pm 22,11$  volt untuk pengamatan hari ketiga. Nilai tegangan tersebut sebenarnya masih kurang layak karena jauh dari kisaran tegangan normal

yang distandarkan oleh PLN melalui SPLN tahun 1995 yaitu tegangan standar minimalnya adalah 207 volt dan tegangan standar maksimalnya adalah 241,5 volt (PLN, 1995). Tegangan yang terlalu rendah akan berpotensi menyebabkan beberapa peralatan elektronik ataupun lampu penerangan tidak dapat berfungsi dengan baik. Kondisi tersebut apabila berlangsung dalam jangka panjang dapat menyebabkan umur pakai peralatan menjadi singkat atau cepat mengalami kerusakan. Tegangan listrik yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik. Kenaikan dan penurunan tegangan listrik juga akan menyebabkan perubahan faktor daya pada peralatan listrik misalnya lampu hemat energi (Bachtiar & Natalinus, 2012).

Fluktuasi tegangan listrik yang dihasilkan PLTMH Gunung Pasang seharusnya tidak akan terjadi apabila sistem telah menggunakan pengendali beban otomatis (ELC). Penggunaan ELC sangat diperlukan karena akan dapat

menstabilkan tegangan listrik dan frekuensi yang dihasilkan. Tegangan listrik konsumen PLTMH akan tetap stabil dengan perubahan yang tidak berarti meskipun beban konsumen berubah-ubah. Hal itu karena ELC secara otomatis akan membuang kelebihan daya listrik yang dihasilkan PLTMH ke beban *balast* (*dummy load*) sehingga beban yang dialami oleh generator akan selalu stabil (Aung & Ya, 2015; Giri *et al.*, 2017; Katrivel *et al.*, 2015).

Salah satu contoh PLTMH yang sudah menggunakan ELC adalah PLTMH Gunung Sawur di Lumajang Jawa Timur dengan skema kelistrikan seperti pada **Gambar 6**. Daya listrik yang dihasilkan di PLTMH Gunung Sawur cukup stabil sebesar 14 kW. Daya tersebut diserap oleh beban konsumen dan beban *balast* dengan pengendalian dari modul ELC (Rahmanto & Femintasari, 2018). PLTMH yang sudah dilengkapi dengan ELC selain akan stabil tegangannya juga dapat dilakukan upaya pemanfaatan energi listrik yang terbuang



**Gambar 6.** Skema jalur listrik PLTMH yang menggunakan ELC

ke beban *balast* misalnya untuk pemanas (Rahmanto & Femintasari, 2019).

Operator pada PLTMH yang sudah dilengkapi dengan ELC cukup sekali saja mengatur bukaan *guide fane* turbin pada posisi tertentu pada saat awal menghidupkan turbin air. Apabila daya terbangkit yang diinginkan sudah tercapai, yang diindikasikan pada nilai arus listrik yang mengalir ke beban *balast* maka beban konsumen bisa disambungkan (Putra *et al.*, 2017). Tegangan listrik yang dihasilkan akan tetap stabil karena apabila beban konsumen meningkat maka listrik yang diumpankan oleh ELC ke beban *balast* akan dikurangi secara otomatis, sebaliknya apabila beban konsumen menurun maka listrik yang diumpankan oleh ELC ke beban *balast* akan bertambah secara otomatis (Praptodiyono *et al.*, 2021). Apabila PLTMH Gunung Pasang dapat dilengkapi dengan ELC maka tegangan listrik yang dihasilkan akan menjadi stabil. Selain itu, energi listrik yang terbuang ke beban *balast* dan berubah menjadi panas dapat dimanfaatkan untuk membantu mempercepat proses pengeringan karet.

## KESIMPULAN

Tegangan listrik yang dihasilkan mikrohidro Perkebunan Gunung Pasang tidak stabil dan banyak menyimpang dari nilai standar SPLN 1995. Mikrohidro Gunung Pasang memerlukan ELC (*Electronic Load Controller*) untuk menstabilkan tegangan listrik yang dihasilkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian

Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Jember yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini melalui program Penelitian Sumber dana PNPB Tahun Anggaran 2019. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada staf dan teknisi di Perkebunan Gunung Pasang Panti Jember.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M.F. (2017). *Materials Selection in Mechanical Design*. Amsterdam: Elsevier.
- Aung, N.W., & Ya, A.Z. (2015). Design of electronic load controller by using combination method for micro-hydro power plant and its control and monitoring program simulation. *International Journal of Electrical, Electronics, and Data Communication*, 3(6), 6-12.
- Bachtiar, A., & Natalinus, N. (2013). Pengaruh perubahan tegangan sumber terhadap karakteristik faktor daya pada lampu hemat energi. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 33-41.
- Giri, A.R., Shrestha, B., & Sinha, R. (2017). Performance analysis of microcontroller based electronic load controller. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering, and Technology*, 13(1), 20-35.
- IMIDAP. (2010). *Modul Pelatihan Studi Kelayakan Pembangunan Mikrohidro*. Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi - Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Kathirvel, C., Porkumaran, K., & Jaganathan, S. (2015). Design and implementation of improved electronic load controller for self-excited induction generator for

- rural electrification. *The Scientific World Journal*, pp. 1-8.
- Mott, R., Vavrek, E.M., & Wang, J. (2018). *Machine Elements in Mechanical Design 6<sup>th</sup> Ed.* USA: Pearson Education.
- PLN [Perusahaan Listrik Negara]. (1995). *SPLN 1: 1995. Tegangan-Tegangan Standar*, 1-5.
- Praptodiyono, S., Maghfiroh, H., Nizam, M., Hermanu, C., & Wibowo, A. (2021). Design and prototyping of electronic load controller for Pico Hydropower System. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 7(3), 461-471.
- Putra, F.D., Effiandi, N., & Leni, D. (2017). Pengoperasian dan perawatan PLTMH pada Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Batang Geringging Kota Padang. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 25-30.
- Rahayuningtyas, A., Santoso, T., & Furqon, M. (2012). Sistem pengaturan beban pada mikrohidro sebagai energi listrik pedesaan. *Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi*, 3(1), 13-20.
- Rahmanto, D.E., & Femintasari, V. (2018). An investigation of dummy load energy in Gunung Sawur 1 Microhydro Power Plant-Lumajang East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 207(1), p. 012060, IOP Publishing.
- Rahmanto, D.E., & Femintasari, V. (2019). Teknoekonomi alat pemurni air menggunakan energi listrik terbuang di PLTMH Gunung Sawur 1 Lumajang. *Jurnal Agroteknologi*, 13(01), 92-97.
- Rahmanto, D.E., & Wibowo, M.J. (2020). Microhydo potential in Gunung Pasang Plantation Panti Jember, East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 411(1), p. 012068, IOP Publishing.