

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* TEGANGAN, ARUS, DAN FREKUENSI KELUARAN GENERATOR 3 FASA PADA *MODUL MINI POWER PLANT* DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI

Brian Raafi'u¹, Fitri Adi Iskandarianto¹, Purwadi Agus Darwito², Titin Nur Fadilah¹, Rakmad Amrinsyah Badrul Alam¹, Fauzi Imaduddin Adhim³, Rizaldy Hakim Ash-Shiddieqy⁴

¹Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

²Departemen Teknik Fisika, FTIRS, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

³Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

⁴Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

brian@its.ac.id

Abstrak - Energi listrik menjadi suatu kebutuhan dalam kehidupan manusia sehari-hari. Kestabilan pada sistem pembangkit energi listrik menjadi hal yang harus diperhatikan, salah satu instrument pembangkit listrik yang sering digunakan adalah Generator, yang mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Generator memiliki variabel-variabel fisis yang harus dijaga kestabilannya antara lain tegangan, arus dan frekuensi. Sehingga untuk mengetahui besar tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator maka dibuatlah sistem yang dapat mengukur besar arus, tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh generator dengan sistem portable (plug and play). Pada sistem ini parameter keluaran generator *dimonitoring* menggunakan berbagai sensor antara lain sensor tegangan ZMPT101B untuk mengukur tegangan keluaran generator, sensor ACS712 untuk mengukur variabel arus dan *zero crossing detector* untuk mengukur variabel frekuensi. Dari data uji sistem *monitoring* didapat hasil yaitu sensor tegangan ZMPT101B yang memiliki pembacaan error sebesar 0,01 untuk error pembacaan sensor ACS712 sebesar 0,09 dan untuk error pembacaan sensor frekuensi sebesar 0,01. Ketiga sensor ini berhasil digunakan dalam sistem *monitoring* tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator pada *modul mini power plant*.

Kata Kunci: Generator, sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS712, *zero crossing detector*.

PENDAHULUAN

Generator merupakan komponen penting dalam sistem pembangkit energi listrik yang perlu diamankan agar tidak mengalami kerusakan. Kerusakan pada generator dapat mengganggu jalannya operasi sistem tenaga listrik (Kabalan, Tamir, & Singh, 2015). Generator adalah peralatan yang penting dan nilainya juga sangat mahal, sehingga diusahakan untuk mencegah adanya gangguan. Jenis gangguan pada generator yang sering dijumpai terjadi arus berlebih atau drop tegangan, hal ini tentu saja bisa sangat merugikan karena dapat terjadi kebakaran akibat adanya arus berlebih, dan dapat merusak peralatan elektronik lainnya dan mengganggu jalannya operasi pada sistem tenaga listrik (Buck et al., 2015). Berdasarkan hal tersebut perlu adanya pembuatan alat untuk mengetahui besar tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator maka dibuatlah alat yang dapat mengukur besar arus, tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh generator yaitu sistem *monitoring* dengan prinsip *portable*. *Monitoring*

adalah proses pengumpulan informasi berdasar indikator yang telah ditetapkan secara sistematis (Ahmad, Agarwal, & Anand, 2016). Sistem *monitoring* tersebut termasuk dalam sistem pengukuran yang memiliki masukan berupa nilai variabel yang sedang diukur dan keluaran berupa nilai variabel yang terukur (Raafi'u & Darwito, 2018). Dengan adanya alat tersebut bertujuan untuk memberikan solusi yaitu dapat merancang bangun sistem *monitoring* tegangan, arus, dan frekuensi keluaran generator 3 fasa pada *modul mini power plant* sehingga dapat diketahui perubahan besaran fisisnya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Arfianto, Bachri, & Kaloko, 2016), dalam proses konversi energi pada generator induksi satu fasa memiliki keluaran yang berupa tegangan, arus, dan frekuensi. Saat generator tersebut dibebani maka nilai keluaran tersebut harus dijaga stabil sesuai dengan standar PLN yaitu nilai tegangan sama dengan 220 V dan nilai frekuensi sama dengan 50 Hz (Fitriandi, Komalasari, & Gusmedi, 2016). Nilai beban yang berubah-ubah dapat menyebabkan nilai

tegangan dan frekuensi tidak stabil, sehingga dibutuhkan suatu alat yang dapat *monitoring* generator saat beroperasi (Zain Taufiqurrohan, Musyafa', & Raafiu, 2018). Sistem *monitoring* adalah sistem untuk mengamati hasil perubahan suatu besaran fisis pada objek yang ingin diukur, serta dapat diinformasikan berupa tampilan (Raafiu & Darwito, 2018). Sehingga pengguna dapat mengamati perubahan besaran fisis dengan mudah. Untuk itu agar pengguna dapat mengetahui data informasi yang dibutuhkan dan mengetahui besar tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator, maka pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem *monitoring* tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator pada modul *mini power plant*. Untuk *monitoring* variabel fisis berupa tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator yang nantinya dapat diinformasikan melalui interface. Sistem *monitoring* ini mampu melakukan perekaman data hasil dari pembacaan sensor sebagai data logger, serta pada sistem *monitoring* ini dilakukan pengkondisian sinyal 4-20mA sebagai standar sinyal komunikasi untuk instrumentasi dalam industri yang diatur dalam dokumen ANSI/ISA-S50.1-1982 (America, 1992). Dan dapat terkoneksi dengan generator control & protection panel (GCPP) ataupun sistem kontrol terpusat seperti DCS dan tersaji dalam sistem SCADA sistem pembangkit.

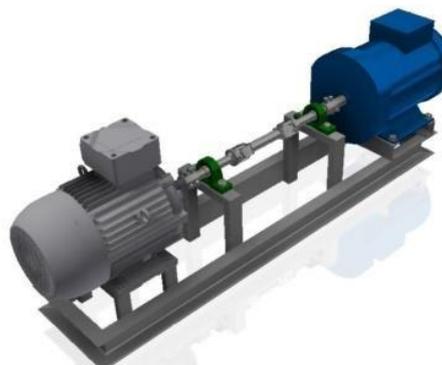
METODOLOGI

A. Keterbaruan Desain Sistem Monitoring Generator

Dalam perancangan sistem *monitoring* tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator pada modul *mini power plant* ini didesain dengan analisa kebutuhan variabel-variabel fisis yang ada dalam sistem pembangkit energi listrik:

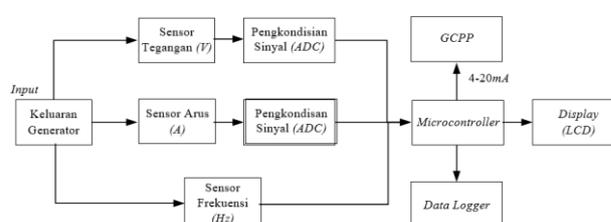
- Sensor Tegangan ZMPT101B
- Sensor Arus ACS712
- Sensor Frekuensi
- Microcontroller ATmega32
- LCD 4x20
- Modul *Openlogger*
- Converter 0-5V to 4-20mA.

Variabel-variabel yang akan di *monitoring* dalam penelitian ini yaitu tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator pada modul *mini power plant*.



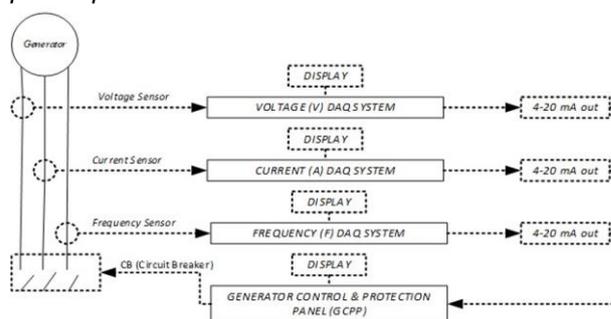
Gambar 1. Desain modul mini power plant

Dalam tahap ini dilakukan perancangan sistem *monitoring* yaitu meliputi penentuan instrumen yang akan digunakan untuk *monitoring* tegangan, arus, dan frekuensi keluaran generator pada modul *mini power plant*.



Gambar 2. Diagram Blok Keluaran Generator

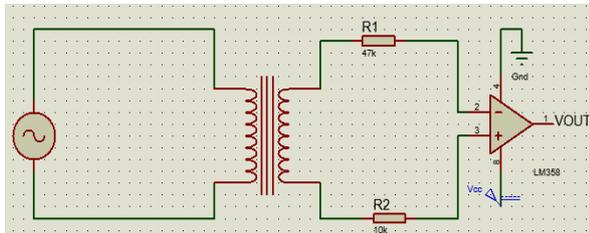
Pada gambar 2 diagram blok yang dapat diketahui besaran fisis keluaran generator tegangan, arus, dan frekuensi yang akan *dimonitoring* dideteksi dan akan disensing oleh sensor yaitu tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator pada modul *mini power plant*.



Gambar 3. Desain Sistem Monitoring Keluaran Generator 3 fasa

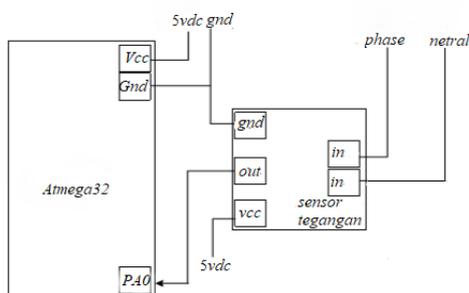
Pada gambar 3 dapat dijelaskan nilai sesungguhnya dari suatu besaran fisis akan menjadi *input* sensor. Kemudian hasil output sensor akan dilakukan pengkondisian sinyal dan pemrosesan sinyal yang nantinya data tersebut dapat secara langsung ditransmisikan pada *microcontroller* untuk diproses dan menghasilkan output yang menjadi nilai terukur (Namin, Chaidee, Sriptom, & Bencha, 2018). Hasil

monitoring dapat ditampilkan pada LCD, disimpan pada data logger, kemudian hasil pengkondisian sinyal 4-20mA dikirimkan ke *GCPP (Generator Control & Protection Panel)*. Sebagai alat ukur frekuensi penelitian ini menggunakan rangkaian *zero crossing detector* yang memiliki input tegangan 220V kemudian diturunkan menggunakan trafo sebesar 6V. Berikut merupakan rangkaian *zero crossing detector* yang digunakan sebagai sensor frekuensi.



Gambar 4. Rangkaian Sensor Frekuensi

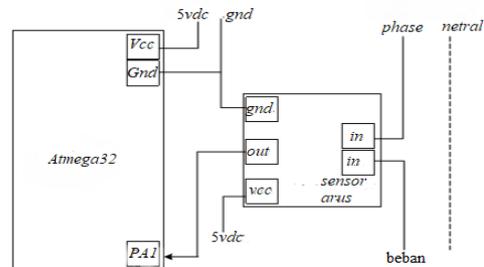
Transformator untuk rangkaian *zero crossing detector* yang memiliki masukan 220V dan tegangan output 6V. Modul openlog digunakan sebagai data logger untuk menyimpan data hasil *monitoring* tegangan, arus dan frekuensi keluaran generator pada modul *mini power plant*. Atmega32 sebagai microcontroller yang digunakan untuk melakukan pemrosesan data pada sistem *monitoring* tegangan, arus, dan frekuensi keluaran generator pada modul *mini power plant*. LCD digunakan sebagai display untuk menampilkan data hasil *monitoring* sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS712, dan sensor frekuensi *zero crossing detector*.



Gambar 5. Skema wiring sensor tegangan

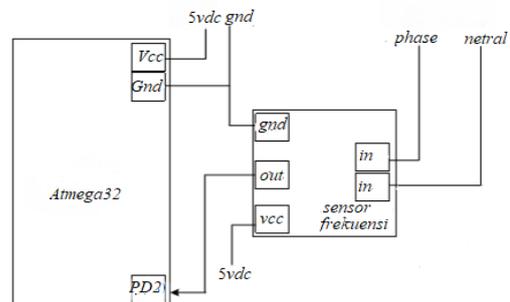
Sensor pada sistem ini digunakan untuk mengukur atau membaca arus yang mengalir pada beban. Sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor ACS712 20A yang dipasang secara seri dengan beban. Pada gambar 6 merupakan pengujian sensor arus ACS712 dipasang secara seri dengan input dari keluaran generator, dan beban (Raafiu & Darwito, 2018). Sensor ACS712 memiliki 3 pin utama yaitu pin Vcc, Gnd dan Vout. Pin Vcc dan

Gnd dihubungkan dengan pin Vcc dan Gnd pada Atmega32. Sedangkan pin Vout dari sensor dihubungkan dengan pin PA1 pada Atmega32.



Gambar 6. Skema wiring sensor tegangan

Pada sistem *monitoring* keluaran generator tegangan, arus dan frekuensi pada modul *mini power plant* digunakan indikator untuk mengetahui adanya arus listrik yang dihasilkan. Indikator yang digunakan yaitu lampu dengan tegangan 220-240v, frekuensi 50-60Hz dan daya 1W sebagai media cahaya yang akan menyala apabila terdapat aliran listrik yang dihasilkan oleh keluaran generator.



Gambar 7. Skema wiring sensor frekuensi

Pengujian converter 0-5V to 4-20mA, Pada modul ini terdapat 2 pin input yaitu Vin dan Gnd yang akan di pasang pada Atmega32, terdapat juga 3 pin output yaitu Vout yang harus di supply dengan tegangan DC 24V, Out, dan Gnd yang nantinya diukur dengan multimeter. Dimana pada penelitian ini menggunakan 3 converter yang nantinya digunakan untuk tegangan, arus dan frekuensi. Converter 0-5V to 4-20mA yang digunakan untuk tegangan terdapat pin input Vin yang nantinya dipasang pada Atmega32 yaitu pin PA5 dan pin Gnd dipasang pada pin Gnd pada Atmega32 (Kusanto & Indriawati, 2016). Pada converter 0-5V to 4-20mA yang digunakan untuk arus terdapat pin input Vin yang nantinya dipasang pada Atmega32 yaitu pin PA6 dan pin Gnd dipasang pada pin Gnd pada Atmega32. Pada converter 0-5V to 4-20mA yang digunakan untuk frekuensi terdapat pin input Vin yang nantinya dipasang pada Atmega32 yaitu pin PA7 dan pin Gnd dipasang pada pin Gnd pada

Atmega32. Cara mengukur besar converter dengan multimeter yaitu dengan mengukur Vout dan Gnd.

fase 220V, pada pengukuran ini dilakukan dengan beban charger laptop.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pembahasan Monitoring V,I,F

Tampilan LCD sistem *monitoring* keluaran generator tegangan, arus, dan frekuensi pada modul *mini power plant* memiliki beberapa data yang akan ditampilkan seperti :

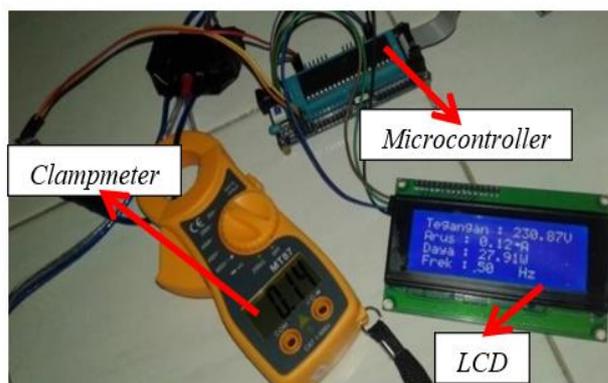
- Pada tampilan LCD baris pertama menampilkan data hasil pembacaan sensor tegangan ZMPT101b dengan satuan "V".
- Pada tampilan LCD baris kedua merupakan tampilan hasil pembacaan data sensor arus ACS712 dengan satuan "A".
- Pada tampilan LCD baris ketiga merupakan hasil pembacaan dari data daya dengan satuan "W".
- Pada tampilan LCD baris keempat menampilkan data hasil pembacaan sensor frekuensi dengan satuan "Hz".



Gambar 8. Sistem *monitoring* portable Generator 3 fasa

Besaran fisis yang dideteksi dan akan di sensing oleh sensor tegangan ZMPT101B adalah keluaran tegangan yang dihasilkan oleh generator. Data output dari sensor ini adalah data analog berupa tegangan yang nantinya data tersebut akan diproses terlebih dahulu pada ADC *microcontroller* (Floor, 2010), agar dapat ditransmisikan pada Atmega32 untuk diproses, lalu akan muncul data berupa angka dengan satuan "V". Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang berubah-ubah. Sensor ZMPT101B ini merupakan sensor tegangan yang menggunakan *transformer step down* sebagai media untuk mengkonversikan parameter tegangan yang akan dibaca oleh Atmega32 (Raafiu & Darwito, 2018).

Pengujian sensor arus dilakukan dengan cara mengukur arus dengan beban. Pada pengujian sensor ini dilakukan dengan menggunakan beban peralatan elektronik yang bekerja pada tegangan 1



Gambar 9. Pengujian Sensor ZMPT201B

Pada pengukuran sistem dibandingkan dengan clampmeter untuk mengetahui apakah sensor ACS712 memiliki nilai yang sesuai dengan alat ukur yang standar (Microsystems, 2017). Pada gambar 4.11 pengujian sensor ACS712 dalam pengujian ini diambil 10 sample percobaan yang bertujuan untuk pengambilan data. Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir persatuan waktu (joule/detik) (Leny, 2009).



Gambar 10. Pengujian Sensor ZMPT201B

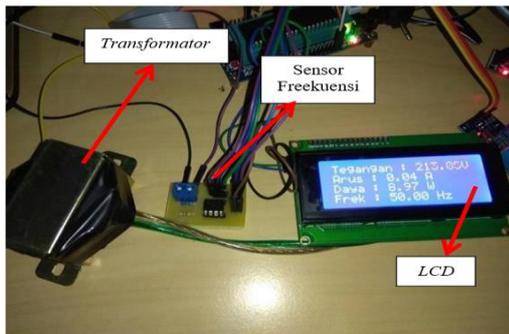
Daya listrik dilambangkan dengan huruf P. besarnya energi listrik sebanding dengan besarnya daya yang terpakai pada peralatan listrik. Pada tabel 1 merupakan hasil *monitoring* daya.

Tabel 1. Pengujian *monitoring* daya

Waktu Menit ke	Sensor ZMPT101	Sensor ACS712	Daya
1 menit	230V	0,06A	13,8W
2 menit	230V	0,05A	11,5W
3 menit	231V	0,06A	13,8W

4 menit	232V	0,05A	11,6W
5 menit	231V	0,05A	11,5W
6 menit	230V	0,06A	13,8W
7 menit	230V	0,05A	11,5W
8 menit	230V	0,06A	13,8W
9 menit	232V	0,06A	13,9W
10menit	232V	0,05A	11,6W

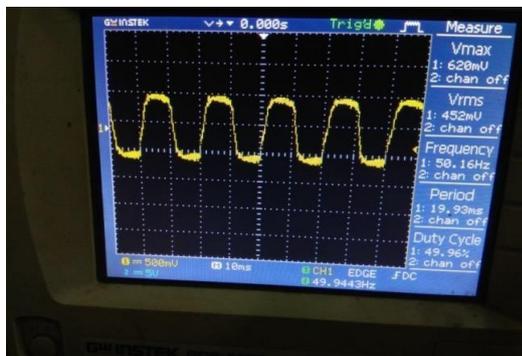
Pada sensor frekuensi menggunakan rangkaian *zero crossing detector* terlihat pada gambar 4. Gelombang yang dihasilkan oleh rangkaian *zero crossing detector* yaitu seperti pada gambar 11 yang merupakan sinyal masukan tegangan 220 volt 50 Hz.



Gambar 11. Hasil gelombang rangkaian sensor frekuensi



Gambar 12. Hasil rangkaian sensor frekuensi *zero crossing detector*



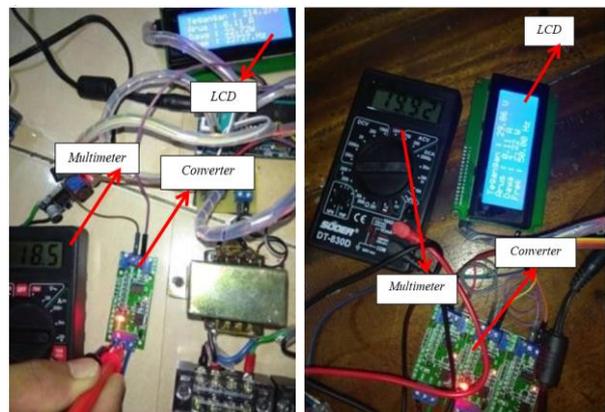
Gambar 13. Hasil pengujian sensor frekuensi *zero crossing detector*

Pada gambar 13 dapat diketahui besaran fisis yang dideteksi dan akan *disensing* oleh sensor frekuensi adalah keluaran frekuensi yang dihasilkan oleh generator. Data output dari sensor ini adalah data digital sehingga dapat ditransmisikan pada

Atmega32 untuk diproses secara langsung, lalu akan muncul data berupa angka dengan satuan Hz.

B. Hasil dan Pembahasan Pengondisian Sinyal 4-20mA

Hasil pengujian converter 0-5V to 4- 20mA yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan 0- 250V bertujuan untuk memfasilitasi sistem *monitoring* ini dapat terhubung dengan sistem PLC&DCS dalam kontrol terpusat dan terdistribusi. Sehingga sistem *monitoring* ini dapat digunakan dalam standar industri yaitu sinyal 4-20mA (Kusanto & Indriawati, 2016) (America, 1992). Pengondisian sinyal ini merupakan perubahan V to I, dengan metode pengondisian nilai tegangan 0 maka besar converter 4mA, dan pada saat nilai tegangan mencapai 250V maka besar converter 20mA. Pada gambar 13 menunjukkan hasil pembacaan converter dari nilai tegangan 214V yaitu sebesar 18,5mA.



Gambar 14. Hasil pengondisian sinyal V,I,F to 4-20mA

Pengujian converter 0-5V to 4-20mA yang digunakan untuk mengukur nilai arus 0-20A. Sehingga pada saat nilai arus 0A maka besar converter 4mA, dan pada saat nilai arus mencapai 20A maka besar converter 20mA.

Hasil pengujian nilai arus yang menggunakan beban lampu menunjukkan hasil pembacaan converter dari nilai arus yang menggunakan beban lampu 0,12A yaitu sebesar 4,16mA. Selanjutnya pengujian converter 0-5V to 4-20mA yang digunakan untuk mengukur nilai frekuensi 0-60Hz. Sehingga pada saat nilai frekuensi 0A maka besar converter 4mA, dan pada saat nilai frekuensi mencapai 60Hz maka besar converter 20mA. Pada gambar 4.24 merupakan nilai frekuensi yang menunjukkan hasil pembacaan converter dari nilai frekuensi 50Hz yaitu sebesar 19,92mA

KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan dan hasil dari penelitian rancang bangun sistem *monitoring* keluaran generator tegangan, arus dan frekuensi pada modul *mini power plant* dapat disimpulkan bahwa telah dirancang sistem *monitoring* tegangan keluaran generator pada modul *mini power plant* dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS712, dan sensor frekuensi dengan fasilitas pengodisian sinyal 4-20mA dengan sistem *portable*. Hasil *monitoring* disimpan dalam data *logger* dengan bentuk format .txt.

- Sensor tegangan ZMPT101B pada tegangan PLN didapatkan hasil pembacaan *error* rata-rata sebesar 0,01 pada tegangan 6V didapatkan pembacaan *error* rata-rata sebesar 0,05 pada tegangan 12V didapatkan pembacaan *error* rata-rata sebesar 0,04 pada tegangan 15V didapatkan pembacaan *error* rata-rata sebesar 0,06 dan pada tegangan 20V di dapatkan pembacaan rata-rata *error* sebesar 0,03.
- Sensor arus ACS712 didapatkan pembacaan *error* rata-rata sebesar pada beban *charger* dan pada beban lampu didapatkan *error* rata-rata sebesar 0,1.
- Sensor frekuensi didapatkan hasil pembacaan *error* rata-rata sebesar 0,01.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. W., Agarwal, N., & Anand, S. (2016). Online Monitoring Technique for Aluminum Electrolytic Capacitor in Solar PV-Based DC System. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63(11), 7059–7066. <https://doi.org/10.1109/TIE.2016.2582470>
- America, I. S. of. (1992). *ANSI/ISA - S50.1 - 1982 (R1992) Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments (American Standard)*.
- Arfianto, M., Bachri, S., & Kaloko, B. . (2016). *Desain sistem monitoring pada generator induksi satu fasa*. 13–16.
- Buck, J. A., Underhill, P. R., Mokros, S. G., Morelli, J. E., Babbar, V. K., Lepine, B., ... Krause, T. W. (2015). Pulsed eddy current inspection of support structures in steam generators. *IEEE Sensors Journal*, 15(8), 4305–4312. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2418220>
- Fitriandi, A., Komalasari, E., & Gusmedi, H. (2016). *Rancang bangun alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dengan SMS gateway*. 10, 2.
- Floor, G. (2010). *AC voltage sensor (ZMPT101B)*. 4578,

1–5.

- Kabalan, M., Tamir, D., & Singh, P. (2015). Electrical load controller for rural micro-hydroelectric systems using a programmable logic controller. *2015 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference, IHTC 2015*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/IHTC.2015.7238042>
- Kusanto, D., & Indriawati, K. (2016). *Perancangan Sistem Akuisisi Data sebagai Alternatif Modul DAQ menggunakan Mikrokontroler Atmega8535*. 1–10.
- Leny, E. M. (2009). *Sistem Current Limiter dan Monitoring Arus serta Tegangan*. 39–46.
- Microsystems, A. (2017). *ACS712* (pp. 1–16). pp. 1–16.
- Namin, A., Chaidee, E., Sriptom, T., & Bencha, P. (2018). Performance of Inductive Wireless Power Transfer between Using Pure Sine Wave and Square Wave Inverters. *ITEC Asia-Pacific 2018 - 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific: E-Mobility: A Journey from Now and Beyond*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ITEC-AP.2018.8433306>
- Raafiu, B., & Darwito, P. A. (2018). Smart Monitoring of Solar Panel System in Saving of the Electrical Power with Internet of Things. *The 8th Annual Basic Science Internatioanal Conference*. Malang: AIP Conference Proceedings.
- Zain Taufiqurrohman, A., Musyafa', A., & Raafiu, B. (2018). Speed Control of Single Phase AC Motor on Cocoa Beans Fermentation Process Using PID Controller. *The 8th Annual Basic Science International Conference*, 164–171.
