

ARTIKEL RISET

Sistem Instrumentasi *Data Logger* Parameter Elektrik Sel Galvani Secara Otomatis Berbasis Arduino dan Borland Delphi 7

Rima Mei Handayani^{*}, Gurum Ahmad Pauzi and Amir Supriyanto

Received: Dec. 04, 2019 | Accepted: July 22, 2020 | Published: Dec. 21, 2020 | DOI: 10.22146/jfi.v24i3.52169

Ringkasan

Penelitian mengenai sel galvani air laut banyak dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Namun, dalam proses penelitian sel galvani air laut masih memiliki kendala dalam pengukuran parameter yang dihasilkan. Pada penelitian ini telah direalisasikan sistem instrumentasi *data logger* parameter sel galvani secara otomatis berbasis Arduino dan Borland Delphi 7. Sistem ini bertujuan untuk mendeteksi parameter sel galvani seperti tegangan, arus, dan iluminasi menggunakan sensor INA219, dan BH1750. Mekanisme pengambilan data penelitian ini yaitu sistem diaplikasikan dengan sel galvani air laut menggunakan elektroda Cu(Ag)-Zn. Hasil penelitian menunjukkan sistem dapat mendeteksi parameter, menyimpan parameter pada kartu memori, menampilkan data *sampling* pada LCD, dan *user interface* Borland Delphi 7 secara *real-time*. Sensor pada sistem ini mampu mendeteksi tegangan, arus, dan iluminasi dengan akurasi masing-masing sebesar 99,73%, 95,85%, dan 98,31%.

Kata Kunci : Arduino, INA219, BH1750, Borland Delphi 7.

Abstract

The research about galvanic seawater cell had been developed. However, there is a problem regarding the output measurement on it. In this paper, we propose an instrumentation system data logging galvanic cell parameters using Arduino and Borland Delphi 7. It aims to detect galvanic cell parameters such as voltage, current, and illuminance in real-time using INA219 and BH1750 module. The system is applied in the galvanic seawater cell using Cu(Ag)-Zn as the electrode. The results show that the system can detect parameters, save parameters onto Micro SD Card, display parameters onto LCD (Liquid Crystal Diode), and user interface Borland Delphi 7. It was able to sense voltage, current, and illuminance with accuration 99,73%, 95,85% and 98,31%, respectively.

Keywords: Arduino; INA219; BH1750; Borland Delphi 7.

1 PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang meningkat dan terbatasnya bahan bakar fosil mendorong pengembangan sumber energi alternatif terbarukan [1]. Sumber energi alternatif terbarukan merupakan sumber energi yang diperoleh dari proses alam berkelanjutan [2]. Salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang memiliki potensi untuk dikembangkan ialah air laut. Air laut memiliki jumlah yang tak terbatas, mudah diperoleh, dan tidak

menghasilkan limbah yang membahayakan lingkungan [3, 4]. Air laut dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik melalui reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dalam sel elektrokimia [5]. Jenis sel elektrokimia yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik ialah sel galvani atau sel volta [6]. Di samping itu, penggunaan air laut dalam sel galvani juga masih memiliki kelemahan yakni rendahnya daya keluaran yang dihasilkan [7].

Penelitian sel galvani air laut dalam beberapa tahun terakhir berfokus menemukan metode yang terbaik dalam menghasilkan daya keluaran yang besar. Namun, dalam proses penelitian sel galvani air laut masih memiliki kendala terutama dalam pengukuran parameter yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan

^{*}Correspondence: rimameihandayani@gmail.com

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

Full list of author information is available at the end of the article

[†]Equal contributor

pengukuran dilakukan secara terpisah dan belum adanya alat ukur yang terintegrasi dalam sebuah modul [8]. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan suatu alat yang dapat memantau dan merekam parameter sel galvanik air laut secara *real-time*.

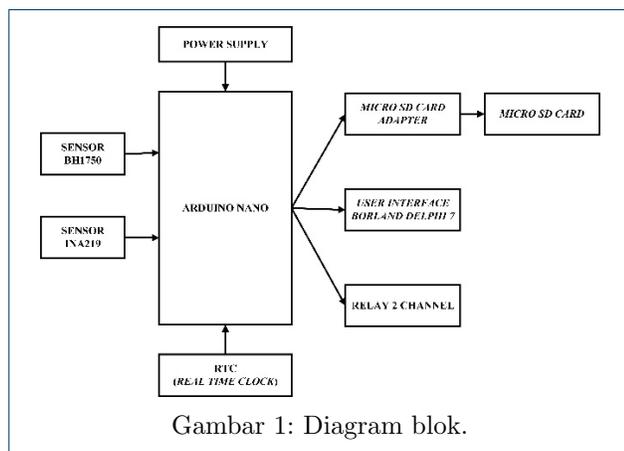
Berdasarkan pemaparan tersebut maka pada penelitian ini dibangun suatu sistem instrumentasi *data logger* parameter elektrik sel galvanik secara otomatis berbasis Arduino dan Borland Delphi 7. Rancangan sistem yang dibangun meliputi pembuatan perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat lunak sistem instrumentasi *data logger* parameter elektrik sel galvanik dibuat menggunakan *software* Arduino IDE dan Borland Delphi 7. Sementara itu, perangkat keras sistem menggunakan komponen yang meliputi Arduino sebagai sistem pengendali, *relay* sebagai pengotomatisasi, sensor INA219 sebagai pendeteksi tegangan, dan arus, sensor BH1750 sebagai pendeteksi iluminasi cahaya, LCD sebagai penampil data, dan *micro SD Card Adapter* sebagai modul penyimpanan data.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, diantaranya: perancangan sistem, pengujian dan pengambilan data.

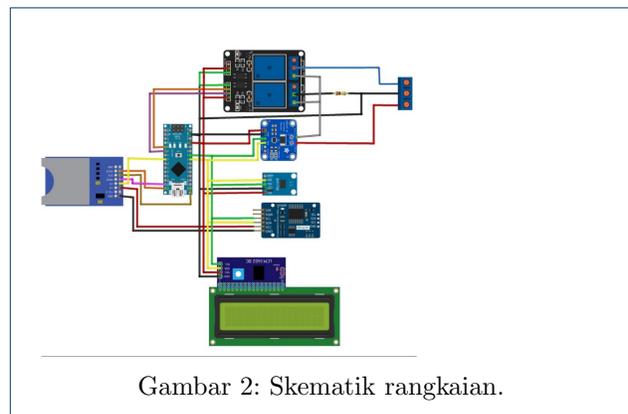
2.1 Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem instrumentasi *data logger* parameter elektrik sel galvanik. Secara umum, rancangan sistem yang akan dibuat ditunjukkan dalam diagram blok pada Gambar 1.



Rancangan sistem yang dibangun meliputi otomatisasi, pendeteksian parameter, pemroses, penyimpanan data, dan *display* data pada LCD serta

Borland Delphi 7. Pada tahap otomatisasi, *output* sel galvanik yang terhubung dengan beban terintegrasi *relay*. *Relay* berfungsi sebagai saklar pada beban agar sistem dapat mengukur tegangan tanpa beban (V_{bl}) dan tegangan dengan beban (V_b) secara otomatis. Sementara itu, sensor mendeteksi parameter fisis dan mengubahnya menjadi besaran listrik (sinyal analog) pada tahap pendeteksian parameter. Kemudian, sinyal analog dikonversi menjadi sinyal digital dengan menggunakan pemroses Arduino Nano. RTC (*real time clock*) sebagai sumber waktu memberikan keterangan meliputi waktu saat pengukuran berlangsung dengan nilai digital yang diperoleh sensor. Nilai digital dan keterangan waktu pengukuran tersebut kemudian disimpan pada kartu memori melalui *modul micro SD card adapter* dan ditampilkan pada *user interface* Borland Delphi 7. Di samping itu, skematik rangkaian sistem instrumentasi *data logger* parameter elektrik sel elektrokimia ditunjukkan pada Gambar 2.



2.2 Pengujian Sistem

Tahap ini meliputi pengujian sensor INA219, sensor BH1750, RTC DS3231, *Data Logger*, LCD beserta modul I2C PCF8574T, dan program *user interface* Borland Delphi 7. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan arduino dan komponen uji lalu menjalankan perintah program di IDE Arduino. Jika komponen tersebut sesuai dengan perintah program maka dapat dilakukan pengambilan data. Selain modul dapat berjalan dengan baik, pada pengujian sensor dilakukan juga pengukuran agar mengetahui akurasi dan presisi dari sensor yang digunakan dalam pengambilan data.

Terdapat 3 parameter yang diuji pada sensor INA219 dan BH1750 meliputi arus, tegangan dan iluminasi. Data hasil pengukuran tersebut digunakan

untuk menghitung *error*, akurasi dan presisi sumber tegangan tinggi menggunakan Persamaan 1—3.

$$\%Error = \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \times 100\% \tag{1}$$

$$\%Akurasi = \left(1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right) \times 100\% \tag{2}$$

$$\%Presisi = \left(1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \right) \times 100\% \tag{3}$$

dengan:

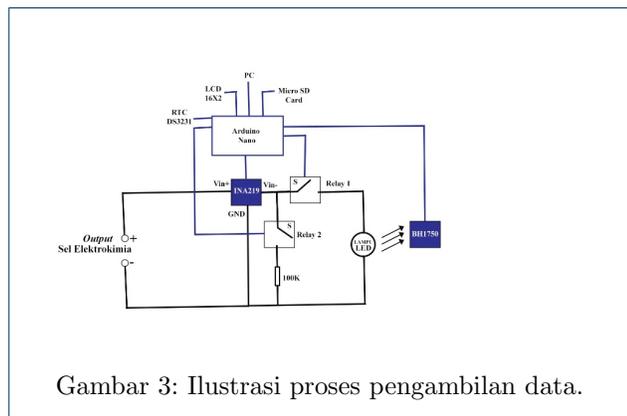
Y = Nilai parameter referensi

X_n = Nilai parameter terukur ke- n

\bar{X}_n = Rata-rata nilai parameter n terukur [9]

2.3 Pengambilan Data

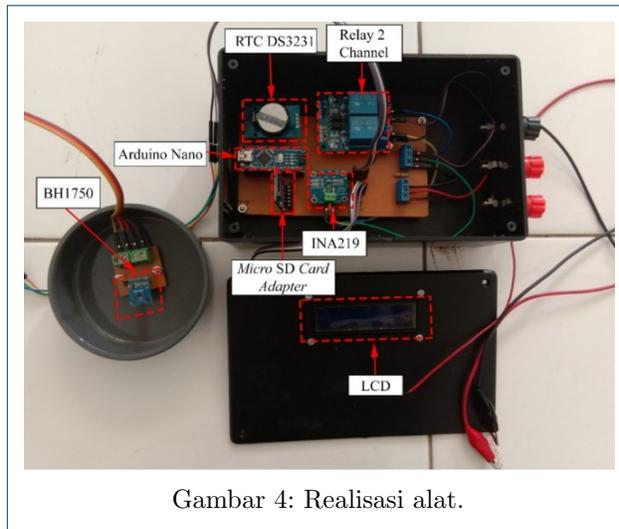
Proses pengambilan data dilakukan dengan menjalankan seluruh sistem baik *hardware* maupun *software* dan mengimplementasikan sistem dengan sel elektrokimia. Pengambilan data yang dilakukan dengan mengukur tegangan saat beban dilepas (V_{bl}), tegangan dengan beban (V_b), arus (I) dan iluminasi cahaya. Berikut ini (Gambar 3) merupakan ilustrasi proses pengambilan data pada sel elektrokimia.



Gambar 3: Ilustrasi proses pengambilan data.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem instrumentasi *data logger* parameter elektrik sel galvani secara otomatis berbasis Arduino dan Borland Delphi 7 telah direalisasikan dengan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4. Komponen pada alat ini meliputi relay, Arduino Nano, sensor INA219, sensor BH1750, *micro SD Card Adapter*, RTC DS3231 dan LCD 16x2. Sementara itu, box yang digunakan perangkat keras ini memiliki dimensi 18 cm × 11 cm × 6 cm berbahan plastik.



Gambar 4: Realisasi alat.

3.1 Pengujian Sensor

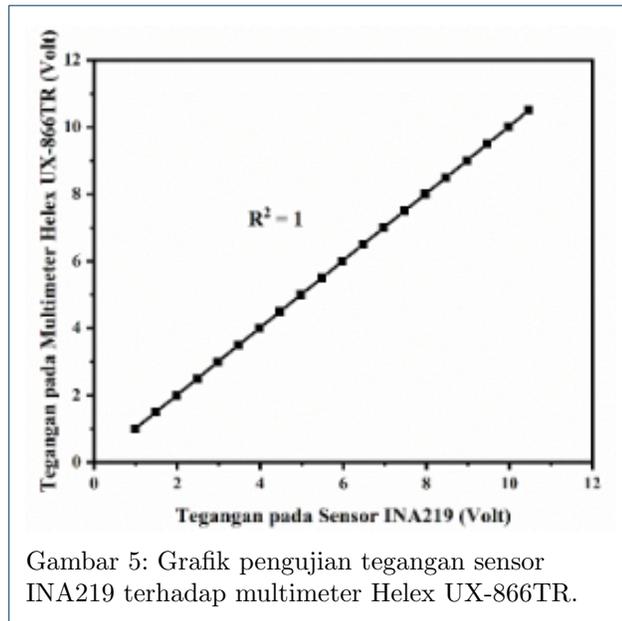
3.1.1 Tegangan

Proses pengujian tegangan dari sensor INA219 dilakukan dengan memberikan tegangan *input* sebesar 1-10,5 V dengan *interval* 0,5 V. Pengujian tegangan dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali. Pengulangan tersebut dilakukan dengan arah yang berlawanan dimana pengulangan 1, 3 dan 5 diukur dari minimum (1) sampai maksimum (10,5) sedangkan pengulangan 2, 4 dan 6 diukur dari maksimum (10,5) ke minimum (1). Hal ini berfungsi untuk melihat penyimpangan yang mungkin terjadi ketika dilakukan pengukuran dari dua arah berlawanan atau disebut sebagai histeresis. Pengujian tegangan dari sensor INA219 bertujuan untuk melihat tingkat akurasi, presisi, dan kesalahan (*error*) dari sistem yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil pengujian menunjukkan linearitas (R^2) yang diperoleh sebesar 1. Nilai R^2 merupakan tingkat kesesuaian persamaan garis yang diperoleh terhadap variasi data dengan rentang nilai 0-1. Jika nilai R^2 mendekati 1 maka persamaan garis yang diperoleh sesuai dengan variasi data [10]. Selain itu, nilai rata-rata akurasi dan presisi yang diperoleh dari hasil perhitungan masing-masing sebesar 99,73% dan 99,90%. Semakin tinggi nilai akurasi yang dihasilkan maka kinerja alat akan semakin baik dan semakin tinggi nilai presisi maka semakin tepat pengukuran tersebut [11, 9]. Hal ini menunjukkan sensor INA219 memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik serta dapat digunakan untuk mendeteksi tegangan *output* sel galvani.

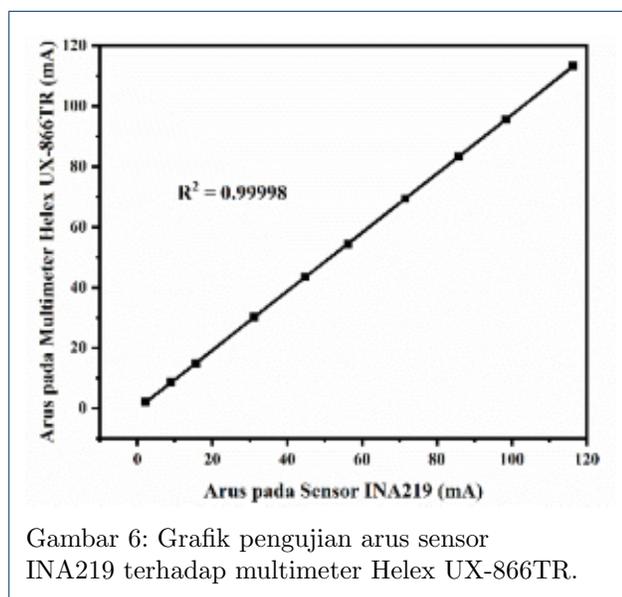
3.1.2 Arus

Proses pengujian arus dari sensor INA219 dilakukan dengan memberikan tegangan *input* sebesar 8-12,5



Gambar 5: Grafik pengujian tegangan sensor INA219 terhadap multimeter Helex UX-866TR.

V dengan *interval* 0,5 V pada lampu DC 3 W. Pengukuran arus dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

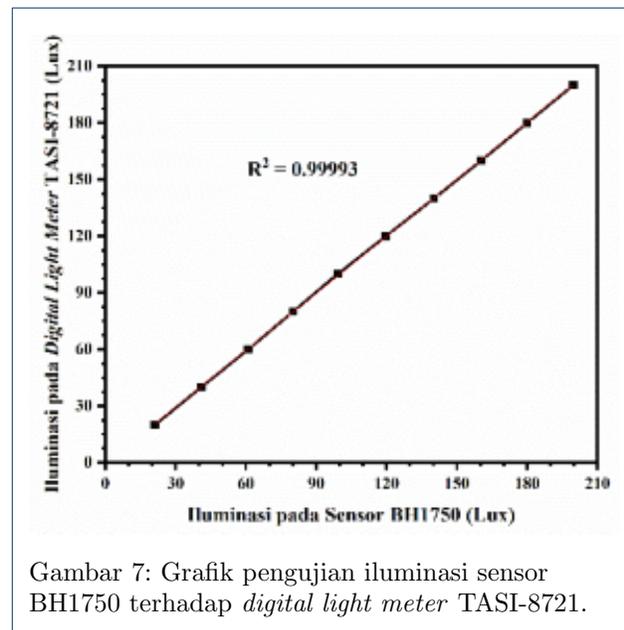


Gambar 6: Grafik pengujian arus sensor INA219 terhadap multimeter Helex UX-866TR.

Hasil pengujian menunjukkan linearitas (R^2) yang diperoleh sebesar 0,99998. Sementara itu, rata-rata nilai akurasi dan presisi yang diperoleh dari hasil perhitungan sebesar 95,85% dan 98,85%. Hal ini menunjukkan sensor INA219 memiliki akurasi dan presisi yang baik dalam pembacaan arus.

3.1.3 Iluminasi

Proses pengujian iluminasi dari sensor BH1750 dilakukan dengan memberikan tegangan *input* pada lampu DC 3 W. Cahaya lampu DC kemudian diukur menggunakan sensor BH1750 dan *digital light meter* TASI-8721 dengan rentang pengukuran 20-200 lux. Pengukuran iluminasi dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



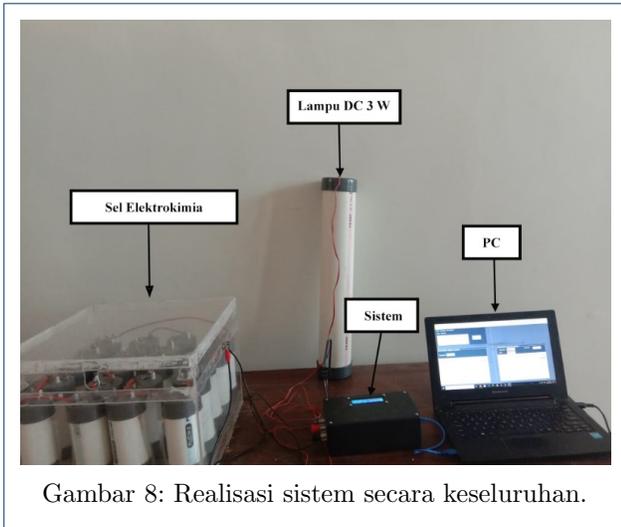
Gambar 7: Grafik pengujian iluminasi sensor BH1750 terhadap *digital light meter* TASI-8721.

Hasil pengujian menunjukkan linearitas (R^2) yang diperoleh sebesar 0,99993. Sementara itu, hasil perhitungan nilai akurasi dan presisi pada masing-masing tegangan masukan diperoleh rata-rata sebesar 98,31% dan 98,80%. Hal ini menunjukkan sensor BH1750 memiliki akurasi dan presisi yang baik dalam pembacaan iluminasi.

3.2 Pengambilan dan Analisis Data

Pengambilan data dilakukan dengan mengimplementasikan sistem secara keseluruhan pada sel galvanik. *Input* sistem yang telah direalisasikan terhubung dengan keluaran sel galvanik seperti pada Gambar 8.

Proses pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan selama 72 jam dengan mengukur tegangan, arus dan iluminasi cahaya dengan selang waktu selama 1 jam. Sel galvanik yang digunakan merupakan pasangan elektroda Cu(Ag)-Zn yang telah dihidupkan terlebih dahulu selama 118 jam. Parameter yang diukur meliputi tegangan tanpa beban (V_{bl}), tegangan dengan beban (V_b), arus (I) dan iluminasi [12]. Hasil pengukuran lalu ditampilkan pada LCD secara



Gambar 8: Realisasi sistem secara keseluruhan.

real-time, aplikasi *interface* dan disimpan dalam kartu memori dalam format txt. Tampilan hasil pengukuran sistem dalam 1 jam pertama pada LCD ditunjukkan Gambar 9.



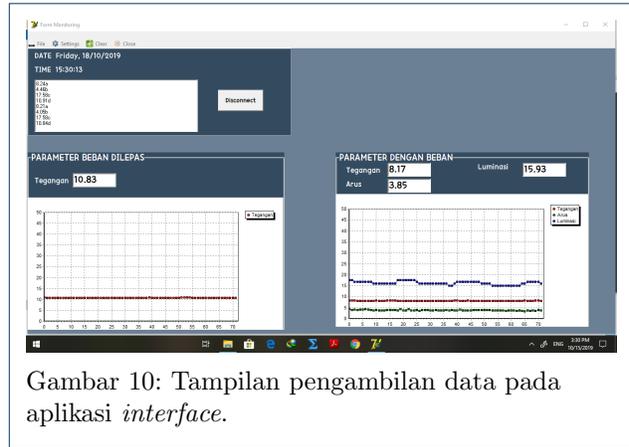
Gambar 9: Tampilan parameter sel galvanik pada LCD.

Gambar 9 merupakan tampilan parameter sel galvanik pada LCD. Hasil tampilan menunjukkan bahwa iluminasi cahaya yang diperoleh sebesar 17,58 lux, arus yang diperoleh sebesar 4,46 mA, tegangan dengan beban yang diperoleh sebesar 8,24 V dan tegangan tanpa beban yang diperoleh sebesar 10,91 V. Tampilan pada LCD ini terus berganti dengan *delay* waktu 1 jam seiring berjalannya pengukuran.

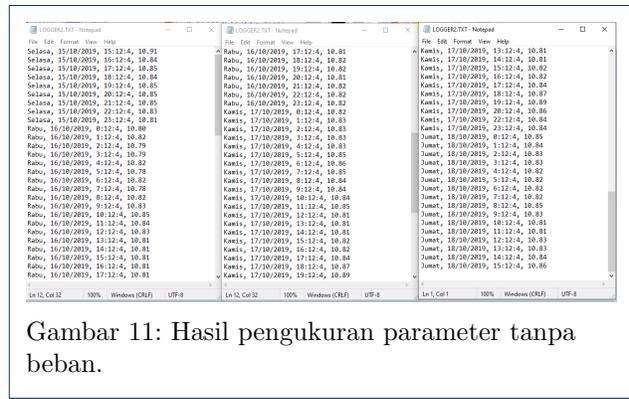
Hasil pengukuran sistem dalam aplikasi *interface* yang dirancang menggunakan *software* Borland Delphi 7 dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10 merupakan grafik hasil pengukuran parameter yang ditampilkan pada aplikasi *interface*. Hasil pengukuran sistem tersebut menunjukkan bahwa aplikasi *interface* dapat melakukan pembacaan data parameter dengan beban dan tanpa beban selama 72 jam.

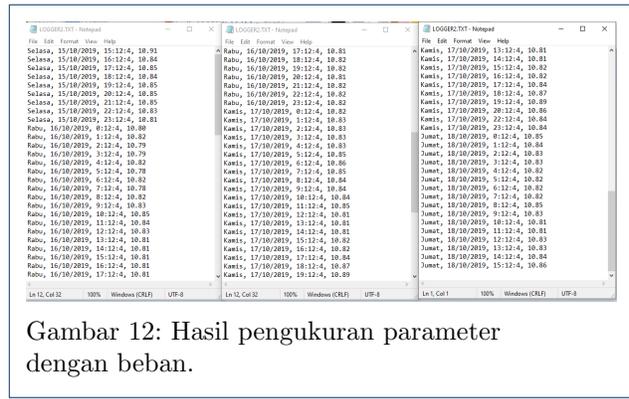
Hasil pengukuran sistem yang disimpan pada kartu memori dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 10: Tampilan pengambilan data pada aplikasi *interface*.



Gambar 11: Hasil pengukuran parameter tanpa beban.



Gambar 12: Hasil pengukuran parameter dengan beban.

Gambar 11 dan 12 merupakan hasil pengukuran parameter secara keseluruhan yang disimpan dalam kartu memori dengan format txt. Hasil pengukuran sistem menunjukkan bahwa modul *micro SD card adapter* dapat berkomunikasi dengan Arduino dan dapat menulis data parameter dengan beban-tanpa beban dalam kartu memori selama 72 jam. Nilai tegangan tanpa beban yang diperoleh berkisar antara 10,81–10,91 V, nilai tegangan dengan beban berkisar antara 8,15-8,30 V, nilai arus berkisar antara 3,34-4,05 mA dan nilai iluminasi berkisar antara 17,58-15,11

lux. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa nilai tegangan, arus, dan iluminasi selama 72 jam mengalami fluktuasi yang kecil dan cukup stabil. Hal ini terjadi karena tidak ada penggantian air laut saat pengukuran berlangsung [13].

4 KESIMPULAN

Sistem instrumentasi data *logger* parameter elektrik sel galvanik secara otomatis berbasis Arduino dan Borland Delphi 7 telah direalisasikan dengan maksimal tegangan DC yang dapat diukur sebesar 26 V. Keluaran sistem memiliki linearitas, presisi dan akurasi yang sangat baik.

PENULIS

- 1 Rima Mei Handayani
Dari :
(1) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung
- 2 Gurum Ahmad Pauzi
Dari :
(1) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung
- 3 Amir Supriyanto
Dari :
(1) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

Pustaka

1. Larcher D, Tarascon JM. Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage. *Nature chemistry*. 2015;7(1):19–29.
2. Twidell J, Weir T. *Renewable energy resources*. Routledge; 2015.
3. Mourant A. Next generation batteries will power up the energy storage industry. *Renewable Energy Focus*. 2016;17(1):41–43.
4. Park S, SenthilKumar B, Kim K, Hwang SM, Kim Y. Saltwater as the energy source for low-cost, safe rechargeable batteries. *Journal of Materials Chemistry A*. 2016;4(19):7207–7213.
5. Kamalia L. Analisis Laju Korosi Elektrode Bahan Cu-Zn Dengan Metode Sacrificial Anode Pada Sistem Energi Listrik Alternatif Berbasis Air Laut. 2019;.
6. Riyanto PD. *Elektrokimia dan aplikasinya*. Graha Ilmu Yogyakarta. 2013;.
7. Susanto A, Baskoro MS, Wisudo SH, Riyanto M, Purwangka F, Agatis J, et al. Ujicoba DC converter dengan Baterai Air Laut Cu-Zn sebagai Sumber Energi Lampu untuk Perikanan Bagan Tancap (DC Converter Experiment on Cu-Zn Seawater Battery for Fishing Lamp Energy Source of Lift Net Fisheries). *Jurnal Perikanan dan Kelautan* p-ISSN;2089:3469.
8. Rizki KC. Analisis pengaruh Elektroplating Perak (Ag) Pada Tembaga (Cu) Terhadap Karakteristik Elektrik Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. 2019;.
9. Jones LD, Chin AF. *Electronic instruments and measurements*. John Wiley & Sons; 1983.
10. Effendi K. Rancang Bangun Sistem Catu Daya dengan Metode Switching Mode Power Supply (SMPS) Berbasis Arduino untuk Aplikasi Electrospinner. 2019;.
11. Halim FR, Suwandi S, Suhendi A. Rancang Bangun Syringe Pump Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino. *eProceedings of Engineering*. 2016;3(2).
12. Aristian J. Desain dan Aplikasi Sistem Elektrik Berbasis Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan (Sustainable Energy). 2016;.
13. Pauzi GA, Riski KC, Suciwati SW, Surtoto A, Supriyanto A. Improvement of Electrical Characteristics of Electrochemical Cells made from Sea Water Using Electroplating Method of Cu (Ag)-Zn Electrode as Renewable Energy Source. In: *Journal of Physics: Conference Series*. vol. 1338. IOP Publishing; 2019. p. 12017.