

**PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN PANEL SURYA
POLYCRYSTALLINE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI WEB FIREBASE
BERBASIS IoT**

***POLYCRYSTALLINE SOLAR PANEL MONITORING SYSTEM DESIGN USING
IoT-BASED FIREBASE WEB TECHNOLOGY***

**Moranain Mungkin¹, Habib Satria^{2*}, Jeddah Yanti³, Grace Boni A Turnip⁴,
Suwarno⁵**

¹²³⁴Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

⁵Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Medan

*e-mail koresponden : habib.satria@staff.uma.ac.id

ABSTRACT

This study describes the measurement of Web and Android-based online systems on Polycrystalline type solar panels. Purpose This online solar panel monitoring system utilizes NodeMCU as a microcontroller as well as WifiShield to send data through an internet network connection. The concept of the Internet of Things was designed using ESP 8266 found in NodeMCU so that the device can be connected to the internet. The sensor in reading the current and voltage flowing from the solar panel uses the INA219 sensor. For a combination of the Arduino IDE system that has been programmed to read current and voltage received, then sent via an internet network connection using the NodeMCU module. Furthermore, the data sent can be monitored through the Firebase website which can be displayed using a personal computer or smart phone. Data displayed on the website consists of voltage, current and power. Experiment results show that the error of reading the voltage and current sensor INA219 with digital multimeter is 0.28% and 2.29%, respectively. This is influenced by multimeter limitations in reading small measurement values. The solar charge controller serves to keep the incoming voltage from the solar panels in accordance with the working distance of the battery ± 12 Volts. The measurement data displayed has an update time of 1 second. This information can be used as additional references and in-depth analysis for the installation of a Renewable Energy System (Photovoltaic) in North Sumatra.

Keywords: PV, Arduino, IoT, Web Firebase, Android.

ABSTRAK

Penelitian ini memaparkan pengukuran sistem online berbasis Web dan Android pada photovoltaic (PV) tipe Polycrystalline. Rancangan sistem monitoring photovoltaic online ini dengan memanfaatkan NodeMCU sebagai mikrokontroler sekaligus wifishield untuk mengirimkan data melalui koneksi jaringan internet. Konsep Internet of Things yang didesain menggunakan ESP 8266 yang terdapat pada NodeMCU agar alat dapat terkoneksi ke internet. Sensor dalam membaca arus dan tegangan yang mengalir dari panel surya menggunakan sensor INA219. Untuk kombinasi sistem Arduino IDE yang telah diprogram pada pembacaan arus dan tegangan yang diterima, kemudian dikirimkan melalui koneksi jaringan internet menggunakan modul NodeMCU. Selanjutnya data yang terkirim dapat dimonitor melalui website firebase yang dapat di tampilkan menggunakan personal computer maupun smart phone. Data yang ditampilkan di website terdiri dari tegangan, arus dan daya. Hasil Eksperimen menunjukkan bahwa Galat dari pembacaan tegangan dan arus sensor INA219 dengan multimeter digital adalah masing – masing 0.28% dan 2.29 %. Hal ini dipengaruhi oleh keterbatasan multimeter dalam membaca nilai pengukuran yang kecil. Pada alat sistem Solar charge controller berfungsi untuk menjaga tegangan yang masuk dari panel surya sesuai dengan tengangan kerja baterai ± 12 Volt. Data pengukuran yang ditampilkan mempunyai waktu update 1 detik. Informasi ini dapat dipergunakan sebagai tambahan referensi dan analisa untuk pemasangan sistem energi terbarukan (photovoltaics) di Sumatera Utara.

Kata Kunci: Photovoltaic, Arduino, IoT, Web Firebase, Android.

PENDAHULUAN

Kondisi iklim tropis dan tingginya intensitas penyinaran Matahari sudah selayaknya wilayah Indonesia melakukan pemasangan energi baru terbarukan (EBT) seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Hal tersebut juga didukung letak geografis Indonesia yang berada di lintasan equator membuat penerapan teknologi *Photovoltaic* (PV) sangat strategis apabila dikelola dengan efisien (Rachman, 2016). Akan tetapi, beberapa faktor seperti kelembaban cuaca, suhu, intensitas cahaya matahari yang masuk pada sel surya dan kondisi berdebu harus dipertimbangkan karena sangat mempengaruhi kinerja dari PV (Rahman dkk, 2015).

Pemasangan energi sistem teknologi *Photovoltaic* atau dikenal dengan panel surya sudah menjadi terobosan terbaru dalam menangani masalah terjadinya pemadaman listrik. Implementasi PV apabila dibangun di daerah terpencil, terluar dan terdalam (di pedesaan) akan berdampak langsung pada kemandirian energi dan percepatan kemajuan SDM pada daerah tersebut (Winasis dkk, 2016). Dengan melakukan instalasi *photovoltaic* ketergantungan akan bahan bakar fosil yang semakin menipis dapat teratasi (Mungkin dkk, 2020). Dan investasi biaya pembangunan sistem PV yang semakin murah membuat negara-negara seperti eropa menjadikan energi dari surya ini sebagai cadangan apabila terjadi krisis energi (Kouro dkk, 2015).

Pembangunan sistem kehandalan panel surya perlu dilakukan karena akan berdampak langsung terhadap daya *output* yang dihasilkan PV tersebut. Maka dari itu, perlu dirancang suatu sistem monitoring yang berfungsi melihat parameter panel surya sehingga dari hasil pemantauan harian dan data yang masuk secara *real time* akan dapat

diketahui seberapa besar konsumsi harian rata-rata energi yang dihasilkan dan seberapa besar kapasitas pembebanannya, dengan demikian suplaian listrik terjamin akan keberlangsungannya. Selain hal tersebut, pemanfaatan dan akurasi dalam pembacaan data monitoring akan sangat berguna untuk studi uji kelayakan pembangunan PV dalam skala yang cukup besar (Siregar dkk, 2017). Dan *data logger* yang tersimpan secara *continue* akan bermanfaat sebagai tolak ukur pengembangan kehandalan bahan sel surya untuk masa yang akan datang (Suryawinata dkk, 2017).

Banyak sistem pemantau yang telah dikaji sebelumnya seperti penelitian yang dilakukan oleh (Satria dan Syafii, 2018) dalam penelitiannya memaparkan bahwa sistem monitoring dapat memantau secara *real time* aktivitas serta keamanan PV selanjutnya data yang masuk akan terekam dalam tampilan GUI. Kemudian, Penelitian yang telah di kemukakan oleh (Setiaji dkk, 2019) bahwa sistem monitoring dapat memantau aktifitas *output* panel surya dan hasil yang ditampilkan tersimpan pada data database.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya masih belum banyak membahas mengenai bagaimana teknologi sistem aplikasi web firebase dalam menyimpan data. Padahal, selain komponen harga alat yang ekonomis penggunaan teknologi web firebase akan mudah dalam memantau data pada sistem *output Photovoltaic* secara *real time*. Sebelumnya, penelitian berbasis web ini juga telah dilakukan oleh (Khedkar dkk, 2017) bahwa selain dapat dipantau melalui teknologi web firebase, sinkronisasi firebase ke sistem teknologi android akan dapat mempermudah dimanapun data ingin di monitoring dengan ketentuan koneksi

paket internet tersambung. Selain itu, kelebihan teknologi ini adalah pengiriman data dari alat yang dirancang menuju aplikasi web lebih cepat.

Berdasarkan permasalahan diatas maka perlu dirancang suatu sistem alat *monitoring online* untuk panel surya yang praktis, pembiayaan minim, dan pengiriman data yang cepat.

METODE

Untuk merancang penelitian yang efisien dalam memonitoring Panel surya berbasis IoT maka diperlukan sistem yang terintegrasi seperti Panel surya dengan kapasitas 30 WP, Sensor INA219, NodeMCU, Modul Wifi ESP8266, LM2596S, Solar Charge Control (SCC), Baterai 12V 7Ah, Voltmeter Digital, Multimeter Digital, LED 12V/3W, 3 Blok, Laptop, HP Android, Kabel, timah, solder, lem bakar, Pipa (dudukan panel), kayu (dudukan rangkaian), Dan alat pelengkap lain yang dibutuhkan dalam merangkai perangkat elektronika.

Pada NodeMCU merupakan pusat kendali dari keseluruhan sistem monitoring yang akan dirancang. Alat ini digunakan untuk mengendalikan secara keseluruhan mulai dari input sensor sampai kepada output dari sistem monitoring panel surya. Untuk Modul Wifi ESP8266 merupakan media komunikasi antara mikrokontroller dan jaringan internet. Dan Website Firebase merupakan platform IoT yang digunakan untuk menampilkan data parameter panel surya yang dikirim oleh ESP8266.

1. Perancangan Perangkat Keras

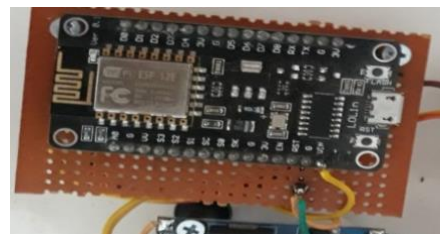
Perancangan perangkat keras alat ini dimulai dari penempatan dan pemasangan komponen – komponen yang berukuran kecil seperti sensor, catu daya dan NodeMCU di dalam kotak, dan pemasangan komponen –

komponen yang berukuran lebih besar seperti voltmeter digital, baterai, LED, *Solar Charge Controll* di atas papan kayu. Panel surya diletakkan diatas dudukan yang terbuat dari pipa.

a. Rangkaian ESP8266 NodeMCU V3

Pada perancangan alat ini, mikrokontroler ESP8266 NodeMCU V3 merupakan bagian utama sebagai pusat kendali seluruh *input* dan *output* yang terhubung ke mikrokontroler. Dalam *chip* ini sudah terdapat *wifi shield* ESP8266 sebagai jalur komunikasi ke jaringan internet.

Pada gambar 1 merupakan rangkain sistem minimum ESP8266 NodeMCU V3 terhubung dengan bagian – bagian yang lain seperti sensor INA219 dan rangkaian catu daya. Pada sistem minimum mikrokontroler NodeMCU V3 terdapat lampu indikator yang berfungsi untuk memberi tanda apakah rangkaian sedang bekerja atau tidak.



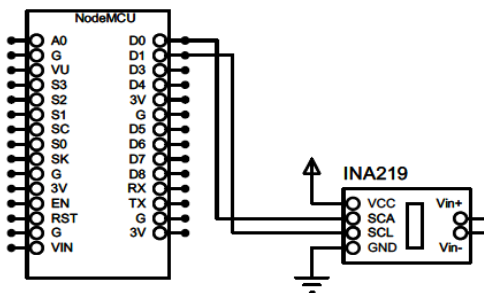
Gambar 1. Rangkaian Mikrokontroler ESP8266 NodeMCU V3

b. Rangkaian Sensor INA219

Sensor INA219 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan dari panel surya. Dengan menggunakan jenis komunikasi I2C, dapat menghubungkan lebih banyak sensor hanya dengan dua jalur kabel. Pemasangan rangkaian sensor dan keterangan kaki/pin sensor dapat dilihat pada gambar 2 dan table 1.

Rangkaian sensor INA219 ini juga berfungsi untuk membaca nilai arus dan tegangan yang mengalir dari panel surya melalui *Solar Charge Controller*.

Terminal Vin+ sensor INA219 dihubungkan dengan terminal positif langsung dari panel surya, sedangkan terminal Vin- sensor INA219 dihubungkan dengan terminal positif panel surya pada *Solar Charge Controller*. Dengan menggunakan jenis komunikasi I2C, pembacaan nilai arus dan tegangan tersebut dikirim ke mikrokontroler NodeMCU V3 melalui pin SCL dan SDA pada sensor INA219, yang masing – masing dihubungkan ke pin D1 (SCL) dan D2 (SDA) pada NodeMCU. Sedangkan, pin VCC dan GND sensor INA219 masing – masing dihubungkan ke pin 3V dan GND pada NodeMCU.



Gambar 2. Rangkaian Sensor INA219

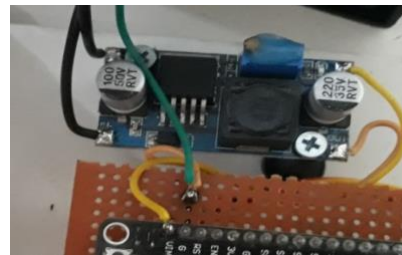
Tabel 1. Penggunaan kaki/pin sensor INA219

No	Pin	Fungsi
1	SCL	Input Serial clock untuk komunikasi 2 Kabel
2	SDA	Digital input dan Output
3	VCC	Sumber tegangan eksternal 5V
4	GND	Ground

c. Rangkaian Catu Daya

Rangkaian ini berfungsi untuk memberikan daya keseluruhan rangkaian yang ada. Rangkaian ini diberi *input* tegangan 12V DC dari baterai atau adaptor, kemudian tegangan tersebut akan diratakan oleh kapasitor 680µF. Regulator tegangan (LM2596S) digunakan agar output yang dihasilkan tetap 5V DC walaupun terjadi perubahan pada tegangan input nya. Rangkaian catu daya dapat dilihat pada Gambar 3.

Rangkaian ini berfungsi sebagai catu daya untuk menyalakan mikrokontroler ESP8266 NodeMCU V3 dan Sensor INA219. Tegangan input 12V diambil dari baterai, dan menghasilkan output tegangan 5V yang digunakan sebagai input tegangan bagi mikrokontroler. Out + dan Out – dari rangkaian ini dihubungkan masing – masing dengan Vin dan GND pada NodeMCU.

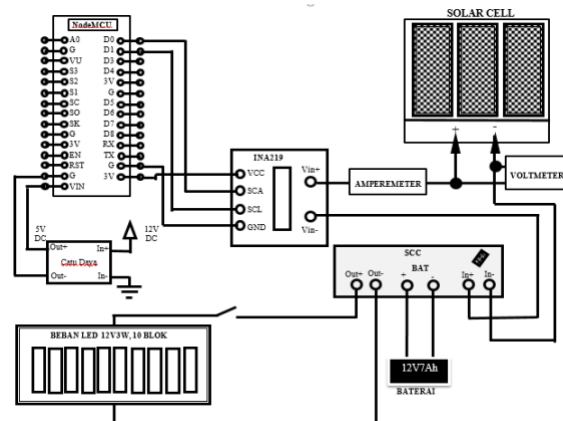


Gambar 3. Rangkaian Catu Daya LM2596S

d. Rangkaian Sistem PV

Perancangan keseluruhan rangkaian sistem monitoring berbasis *Internet of Thing* (IoT) menggunakan bahan sel surya tipe *Polycrystalline* berkapasitas 30 Wp dan hal utama yaitu penggunaan alat NodeMCU sebagai teknologi sistem kendali untuk memudahkan komunikasi agar terekam ke web dan android digunakan.

Untuk melihat rancangan dan performa keseluruhan rangkaian PV online berbasis IoT yang terintegrasi, dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan Alat

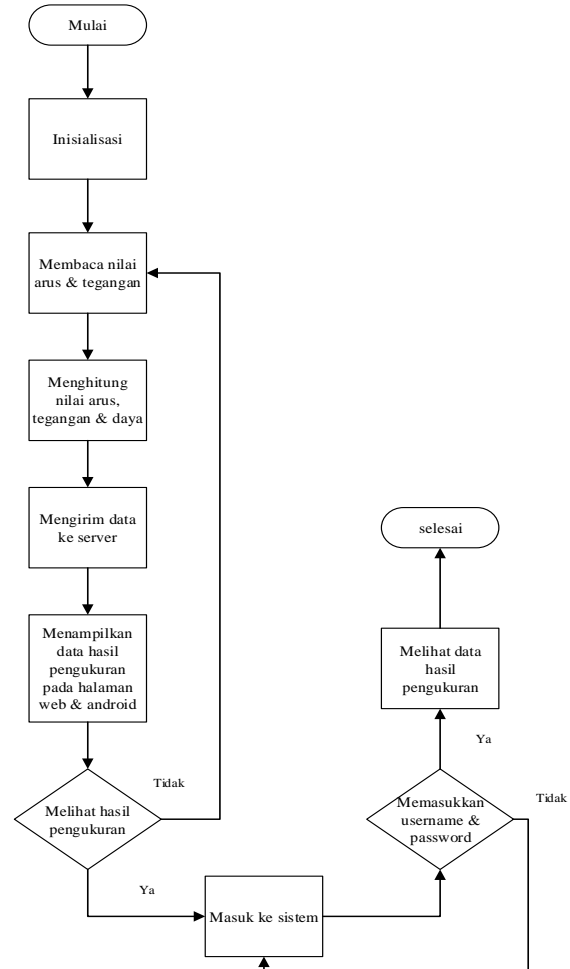
2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada desain rancangan perangkat lunak ini, meliputi rancangan program yang digunakan untuk menerjemahkan data yang diambil dari sensor kedalam nilai tegangan dan arus dan mengirimkannya melalui jaringan internet ke halaman *website* maupun telepon seluler. Dalam penelitian ini *software* yang digunakan, antara lain :

- 1) Microsoft Visio
Software ini digunakan untuk menggambar skema rangkaian.
- 2) Arduino IDE 1.8.1
Software ini digunakan untuk penulisan program, dan antarmuka dengan NodeMCU.
- 3) Website Firebase
Aplikasi web ini digunakan untuk menampilkan pembacaan parameter panel surya *online*, yaitu arus, tegangan dan daya.
- 4) App Inventor
Software berguna dalam merancang aplikasi android sistem *monitoring*

3. Diagram Alir

Untuk dapat menampilkan data pembacaan sensor INA219 secara *online*, maka dirancanglah program sedemikian rupa agar data dapat ditampilkan di halaman *website* dan di telepon seluler pintar (Android). Perancangan diagram alir sistem kerja alat dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Flowchart prosedur pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan agar dapat mengetahui apakah keseluruhan sistem komponen alat berfungsi sesuai dengan rancangan yang ditargetkan. Setelah alat yang dibuat berjalan dan beroperasi, maka perlu dilakukan pengujian terhadap kehandalan alat dan akurasi nilai dari hasil pembacaan sensornya. Sebelum melakukan tahapan pengujian sistem monitoring, maka diperlukan uji kelayakan seperti melihat karakteristik PV dan *output* tegangan dari SCC.

Selanjutnya pada tahapan akhir yaitu dilakukan pengujian secara terpisah, lalu kemudian dilakukan pengujian alat secara keseluruhan. Pengujian yang dilakukan antara lain :

- 1) Pengujian alat ESP8266 NodeMCU V3 dengan Sensor INA219.

- 2) Pengujian Nilai Pengukuran Sensor INA219 .
- 3) Pengujian Alat Secara Keseluruhan.

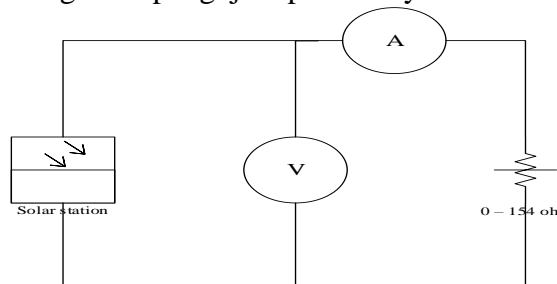
A. Data Karakteristik Panel Surya

Data berikut ini diambil untuk mengetahui karakteristik arus dan tegangan panel surya terhadap pembebanan. Data ini diambil menggunakan panel surya 30Wp dengan pembebanan berupa resistor 0 – 154 ohm.

Alat pengujian yang digunakan :

- 1) Panel Surya 30WP
- 2) Amperemeter digital SANWA CD771
- 3) Voltmeter digital SANWA CD800a
- 4) Beban resistif 7 x 22 ohm

Rangkaian pengujian panel surya :



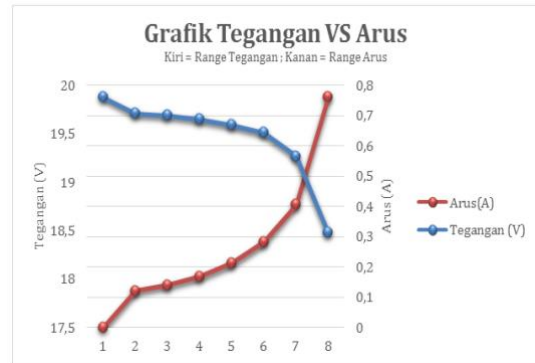
Gambar 6. Rangkaian Pengujian Panel Surya

Tabel 2. Karakteristik Panel Surya Terhadap Pembebanan Resistif

R (Ohm)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	19.88	0
154	19.71	0.122
132	19.69	0.141
110	19.65	0.168
88	19.59	0.212
66	19.51	0.282
44	19.27	0.405
22	18.48	0.761

Data pada tabel 2 diambil pada siang hari, dimana cahaya matahari sangat cerah dan terik. Tegangan panel surya diukur dalam keadaan tidak berbeban yaitu 19.88 Volt. Panel surya dibebani dengan resistor mulai dari 22 ohm lalu diukur tegangan dan arusnya.

Pembebanan diberikan sampai 154 ohm (7 x 22 ohm). Berikut adalah grafik dari data pada tabel 2.



Gambar 7. Perbandingan Grafik Tegangan dengan Arus

Dari perbandingan grafik gambar 7, dapat dilihat bahwa tegangan menurun linier dengan pembebanan yang diberikan. Hal ini, menandakan bahwa tahanan dalam tidak sama dengan nol ($R_d \neq 0$). Dimana pada kondisi ideal ($R_d = 0$), tegangan akan bernilai tetap, sementara arus berubah sesuai dengan pembebanan yang diberikan. Dari data diatas dapat diambil nilai regulasi tegangan sebagai berikut.
Regulasi Tegangan =

$$\frac{19.88 - 18.48}{19.88} \times 100\% = 7.04 \%$$

B. Tegangan Keluaran Solar Charge Controller

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dari panel surya setelah melewati solar charge controller. Tegangan yang dihasilkan dari panel surya sebelum dihubungkan dengan SCC akan dibandingkan dengan tegangan panel surya setelah dihubungkan dengan SCC. Peralatan yang digunakan :

- 1) Panel Surya 30 WP
 - 2) Solar Charge Controller
 - 3) Voltmeter digital SANWA CD800a
- Tahapan pengujian :

- 1) PV diletakkan pada bagian bawah

- dari sinar cahaya matahari
- 2) Mengukur tegangan yang dihasilkan dari PV dengan menggunakan *voltmeter*
 - 3) Menghubungkan PV dengan sistem SCC, lalu mengukur tegangannya
 - 4) Menutup sebagian bidang permukaan dari panel surya, lalu mengulang langkah 1 – 3.
 - 5) Menutup seluruh bidang permukaan dari panel surya, lalu mengulang langkah 1 – 3.



Gambar 8. Pengambilan Data Pembacaan Tegangan Panel Surya

Tabel 3. Perbandingan Nilai Tegangan PV

Kondisi Pengukuran Tegangan	Tegangan Keluaran PV (Volt)	Tegangan PV melewati SCC (Volt)
Seluruh Permukaan Panel Terpapar Sinar Matahari	19.94	12.60
1/3 Bagian Permukaan Panel Ditutup	16.58	11.43
2/3 Permukaan Panel Ditutup	12.56	11.31
Seluruh Permukaan Panel Ditutup	9.55	11.17

Hasil Pengujian pada tabel 3 bahwa tegangan PV setelah melewati solar charge controller berkisar 12 Volt. SCC menjaga nilai tegangan yang masuk dari panel surya ± 12 Volt agar baterai tidak rusak karena adanya *over voltage*.

C. Pengujian Mikrokontroler ESP8266 NodeMCU dengan Sensor INA219

Mikrokontroler NodeMCU berfungsi untuk mengkalibrasi dan mengolah data pembacaan tegangan dan arus yang diperoleh dari sensor INA219. Agar dapat mengetahui apakah alat berjalan, maka perlu dilakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut. Peralatan yang digunakan dalam pengujian, yaitu, Mikrokontroler ESP8266 NodeMCU V3 , Sensor INA219, Kabel data, dan Software Arduino IDE

D. Pengujian Nilai Pengukuran Sensor INA219 dengan Multitester Digital

Pengujian hasil pengukuran sensor INA219 dengan multitester dilakukan pada waktu yang bersamaan untuk membandingkan hasil pengukuran dari kedua alat tersebut. Setelah data pengukuran dari kedua alat diperoleh, maka data dapat diolah untuk mengetahui tingkat kesalahan (% error) dan akurasi dari pembacaan sensor terhadap alat ukur.

Tabel 4. Perbandingan hasil Pengukuran Sensor INA219 dengan Multitester DT-860B

No.	Multitester DT-860B		Sensor INA219		Galat (%)	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (%)	Arus (%)
1.	13.22	1.27	13.30	1.30	0.60 %	2.36 %
2.	13.25	1.28	13.31	1.31	0.45 %	2.34 %
3.	13.19	1.25	13.20	1.28	0.07 %	2.40 %
4.	13.18	1.23	13.19	1.25	0.07 %	1.63 %
5.	13.20	1.28	13.24	1.30	0.30 %	1.56 %

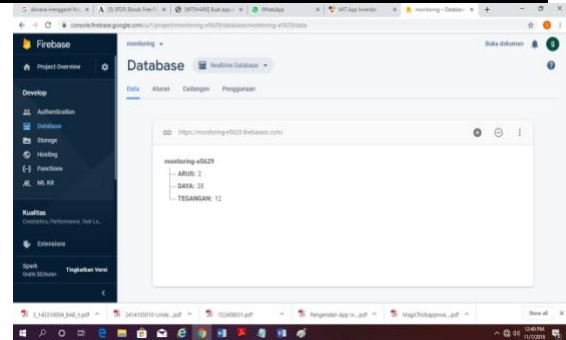
6.	12.94	0.96	12.98	0.98	0.31 %	2.08 %
7.	13.05	0.98	13.12	1.00	0.54 %	2.04 %
8.	13.20	1.13	13.22	1.15	0.15 %	1.77 %
9.	12.40	0.33	12.42	0.34	0.16 %	3.03%
10.	12.17	0.27	12.19	0.28	0.16 %	3.70 %
$\frac{\sum \text{Galat} (\%)}{10} =$					0.28 %	2.29 %

Dari data tabel 4 dapat dilihat bahwa, rata-rata galat pembacaan tegangan 0.28 % dan arus 2.29 %. Galat pembacaan arus diatas 1 %, hal ini diakibatkan karena nilai pengukuran yang kecil, dan keterbatasan alat ukur yang hanya mengukur sampai 2 digit dibelakang koma.

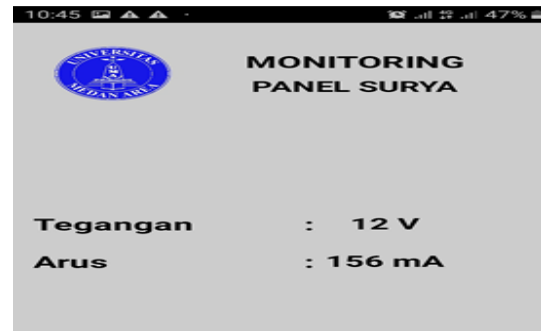
E. Hasil Pengujian Sistem PV Keseluruhan

Proses kinerja dari pengujian ini dimulai dengan mengunggah program untuk pengiriman data hasil pengukuran sensor ke *website firebase* dan android melalui jaringan internet. Untuk Mikrokontroler harus selalu terhubung dengan jaringan internet agar data pengukuran sensor dapat dikirim ke *website firebase* dan android.

Setelah program mikrokontroler arduino dijalankan kemudian hasil dari pengukuran sensor yang telah terbaca dikirim ke web *firebase* dengan waktu tunda pembacaan 500ms. Seluruh data yang terbaca dari mikrokontroler dan yang terbaca pada halaman web harus sama, agar perbedaan data dari hasil pengukuran tersebut. Hasil monitoring parameter panel surya dihalaman Web dan android (telepon pintar) melalui jaringan internet dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10 berikut.



Gambar 9. Tampilan Monitoring Hasil Pengukuran di Halaman Web



Gambar 10. Tampilan Moinitoring Hasil Pengukuran di Android

SIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisis maka dapat disimpulkan bahwa rancang bangun Sistem Monitoring Online Parameter Panel Surya Berbasis IoT menggunakan ESP8266 NodeMCU V3 dapat dijadikan sebagai pusat kendali dan sebagai alat yang terhubung dengan internet untuk mengirimkan data ke *website* dan Android, Galat dari pembacaan tegangan dan arus sensor INA219 dengan multimeter digital adalah masing – masing 0.28% dan 2.29 %. Hal ini dipengaruhi oleh keterbatasan multimeter dalam membaca nilai pengukuran yang kecil, pada *solar charge controller* berfungsi untuk menjaga tegangan yang masuk dari panel surya sesuai dengan

tengangan kerja baterai ± 12 Volt dan data pengukuran yang ditampilkan mempunyai waktu *update* 1 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Khedkar, S., Thube, S., Estate, W. I., W, N. M., & Naka, C. (2017). Real Time Databases For Applications. *International Research Journal Of Engineering And Technology(Irjet)*, 4(06), 2078–2082.
- Kouro, S., Leon, J. I., Vinnikov, D., & Franquelo, L. G. (2015). Grid-Connected Photovoltaic Systems: An Overview Of Recent Research And Emerging Pv Converter Technology. *Ieee Industrial Electronics Magazine*, 9(1), 47–61.
- Mungkin, M., Satria, H., & Zulkifli, B. (2020). Instalasi Photovoltaic Sistem Off-Grid Untuk Lampu Jalan Di Pondok Pesantren Islamiyah Pintu Padang Siunggam. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 7(2), 247–252.
- Rachman, A. (2016). Optimalisasi Teknologi Energi Surya Berbasis Penyesuaian Posisi Panel Bulanan Di Sulawesi Tenggara. *Jurnal Teknologi*, 8(1), 1–8.
- Rahman, M. M., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A. (2015). Effects Of Various Parameters On Pv-Module Power And Efficiency. *Energy Conversion And Management*, 103, 348–358.
- Satria, H., & Syafii. (2018). Sistem Monitoring Online Dan Analisa Performansi Plts Rooftop Terhubung Ke Grid Pln. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 14(2), 83–144.
- Setiaji, G. I., Sofwan, A., & Sumardi, S. (2019). Perancangan Power Monitoring System Pada Panel Surya Sebagai Sumber Utama Pada Smart Open Parking Dalam Arsitektur Iot. *TRANSIENT*, 7(3), 1–7.
- Siregar, R. R. A., Wardana, N., & Luqman. (2017). Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno. *JETri Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 14(2), 81–100.
- Suryawinata, H., Purwanti, D., & Sunardiyo, S. (2017). Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Atmega 328 Dan Real Time Clock DS1307. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 30–36.
- Winasis, W., Nugraha, A. W. W., Rosyadi, I., & Nugroho, F. S. T. (2016). Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 5(4), 328–333.