

Rancang Bangun Sistem Pemantauan Panel Surya Berbasis *Internet of Things*

Gede Widi Kurniawan¹, I Gusti Agung Putu Raka Agung², Pratolo Rahardjo³

[Submission: 07-02-2023, Accepted: 28-02-2023]

Abstract— The application of the internet of things is starting to be widely used at this time. One of the developments in internet of things technology is monitoring a system with an Android application wirelessly. This study aims to design and build a solar panel monitoring system based on the Internet of things using the NodeMCU ESP32 developer board. The design of this system can make it easier for users to monitor solar panels in real time through an android application. The test is carried out by operating a solar panel monitoring system. Data from each sensor is compared with a comparison measure to get the difference in values. The results of the INA219 sensor test get an average difference in voltage of 0.09% and an average difference in current of 4.08%. The test results for the DHT11 sensor get an average difference in temperature of 0.77% and a difference in relative humidity of 1.82%. The results of testing the BH1750 sensor get an average difference in light intensity of 39.93%. This monitoring system can operate in accordance with the design and reading of data from sensors that have been sent to Firebase so that it can be seen in the Android application.

Keyword— Solar panel; Internet of Things; Android; DHT11; INA219; BH1750; ESP32.

Intisari—Penerapan *internet of things* mulai banyak dimanfaatkan saat ini. Salah satu perkembangan teknologi internet of things adalah memantau suatu sistem dengan aplikasi android secara *wireless*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan panel surya berbasis Internet of things dengan menggunakan *developer board* NodeMCU ESP32. Rancangan sistem ini dapat mempermudah pengguna memantau panel surya secara *realtime* melalui aplikasi android. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan sistem pemantauan panel surya. Data dari masing-masing sensor dibandingkan dengan alat ukur pembanding untuk mendapatkan perbedaan nilai-nilainya. Hasil pengujian sensor INA219 mendapatkan selisih rata-rata tegangan 0.09% dan selisih rata-rata arus 4.08%. Hasil pengujian sensor DHT11 mendapatkan selisih rata-rata suhu 0.77% dan selisih kelembapan relatif 1.82%. Hasil pengujian sensor BH1750 mendapatkan selisih rata-rata intensitas cahaya 39.93%. Sistem pemantauan ini sudah dapat beroperasi sesuai dengan rancangan dan pembacaan data dari sensor-sensor sudah terkirim menuju Firebase sehingga bisa dilihat pada aplikasi android.

Kata Kunci— Panel Surya; Internet of Things; Android; DHT11; INA219; BH1750; ESP32.

^{1, 2, 3} Program Studi, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jl. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (e-mail: gedewidikurniawan@student.unud.ac.id, rakaagung@unud.ac.id, pratolo@unud.ac.id)

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu energi yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir seluruh sektor kehidupan manusia membutuhkan energi listrik. Saat ini sumber pembangkit listrik di Indonesia sebagian besar masih menggunakan pembangkit listrik batu bara sebagai bahan bakar pembangkit. Penggunaan energi bersih atau *green energy* sedang dimaksimalkan untuk mengurangi emisi gas sisa hasil pembakaran batu bara. Salah satu sumber energi bersih adalah panel surya atau fotovoltaik[1]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah teknologi untuk mengubah tenaga cahaya matahari menjadi tenaga listrik. RUEN 2017 menyatakan potensi listrik surya di Indonesia diperkirakan sebesar 207,89 GW dan telah ditetapkan bahwa target kapasitas PLTS nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 6,5 GW dan terus meningkat menjadi 45 GW pada tahun 2050[2]. Energi surya yang dapat dimanfaatkan untuk semua wilayah daratan Indonesia dengan luas 2 juta km² yaitu sebesar 4,8 kWh/m² dalam setiap satu hari, setara dengan 112.000 GWp yang didistribusikan[3].

Suatu protokol yang dapat digunakan untuk berbagi data dan kontrol sistem secara *wireless* melalui media internet tanpa campur tangan manusia secara otomatis disebut dengan *Internet of Things*. Perantara untuk dapat mengirim dan menerima data yang akan diproses menggunakan aplikasi yang telah ditentukan juga dapat disebut sebagai pengertian IoT[4]. Pemanfaatan *internet of things* mulai banyak dimanfaatkan saat ini terutama untuk tujuan sistem pemantauan[5] - [7].

Tujuan penelitian ini adalah memudahkan pemantauan panel surya menggunakan protokol *internet of things* sehingga panel surya dapat dipantau dari jarak jauh secara *wireless* yang tentu saja memudahkan pengguna memantau tanpa harus mengunjungi lokasi instalasi panel surya. Penelitian serupa yang dilakukan sebelumnya menggunakan aplikasi Blink dan Thingspeak yang memiliki pembatasan fitur dan biaya langganan untuk dapat digunakan [8] - [10]. Sensor dari penelitian sebelumnya menggunakan sensor ACS 712 yang memiliki rata-rata eror sebesar 10.08% untuk pengukuran arus[11]. Penggunaan mikrokontroler dari penelitian sebelumnya kurang efisien karena menggunakan dua buah mikrokontroler. Satu digunakan sebagai akuisisi data dari sensor dan mikrokontroler lainnya digunakan untuk mengirim data menuju internet[12] - [14]. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pemantauan dengan nilai eror lebih kecil dari penelitian sebelumnya menggunakan aplikasi android yang dibuat sendiri dan menggunakan satu



buah mikrokontroler. Sehingga dapat membangun sistem yang tampilannya dapat diatur lebih leluasa dan tanpa biaya langganan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Panel Surya

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *photovoltaic*, oleh karenanya dinamakan juga sel *photovoltaic* (*Photovoltaic cell* – disingkat PV). Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya. Upaya pemanfaatan energi terbarukan dalam rangka mengurangi konsumsi energi listrik berbasis fosil dapat diperoleh dengan memanfaatkan radiasi matahari menjadi energi listrik, atau bisa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [15]

B. NodeMCU ESP32

ESP32 adalah sebuah *Development kit (devkit)* mikrokontroler yang sudah dilengkapi dengan *Wi-Fi* dan *Bluetooth 2.4 GHz* yang didesain dengan teknologi hemat energi. Aplikasi IoT dapat diwujudkan menggunakan ESP32. Bahasa pemrograman ESP32 adalah bahasa Lua, untuk dapat memprogram ESP32 maka digunakan Arduino IDE yang akan mengkonversi bahasa C++ menjadi bahasa Lua[16].

C. Internet of Things

Internet of things (IoT) merupakan sebuah protokol untuk komunikasi menggunakan internet yang memungkinkan pengguna mengontrol atau bertukar data dengan seluruh perangkat yang ada di sekelilingnya dari jarak jauh menggunakan internet. Pengintegrasian pada *smartphone* atau gadget ini merupakan salah satu contoh penerapan *Internet of things (IoT)*[17].

D. INA219

INA219 merupakan modul sensor yang berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan listrik pada suatu rangkaian. INA219 didukung dengan *interface I2C* di mana peralatan ini mampu menghitung besaran tegangan shunt dan *supply* tegangan bus. INA219 dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2$ A dan dapat menghitung tegangan shunt pada bus dengan kisaran 0 – 26 V dengan membutuhkan sumber tegangan sebesar 3 Volt DC[18].

E. DHT11

Sensor DHT11 merupakan sensor suhu dan kelembapan yang terintegrasi dalam satu modul. Sensor DHT11 memiliki sinyal keluaran berupa sinyal analog yang dapat dikonversi menggunakan persamaan pada program yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler sehingga nilai suhu dan kelembapan dapat diketahui. Nilai kelembapan yang diukur oleh modul sensor DHT11 adalah kelembapan relatif[19].

F. BH1750

BH1750 adalah sebuah modul sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya sekitar dalam ukuran atau satuan lux. Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk komunikasi dengan mikrokontroler atau *minimum system*. Jangkauan deteksi sensor ini cukup lebar yaitu antara 1 – 65535 lux[20].

G. Buck Converter

Buck Converter adalah DC-DC *converter step down* atau penurun tegangan. Fungsinya yaitu menghasilkan nilai tegangan keluaran sama atau lebih rendah dari tegangan masukan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. IC LM2956 memiliki nilai masukan hingga 40 V dengan nilai keluaran bervariasi mulai dari 1.27 V hingga 37 V dengan arus maksimal sebesar 3 A[21].

H. Firebase

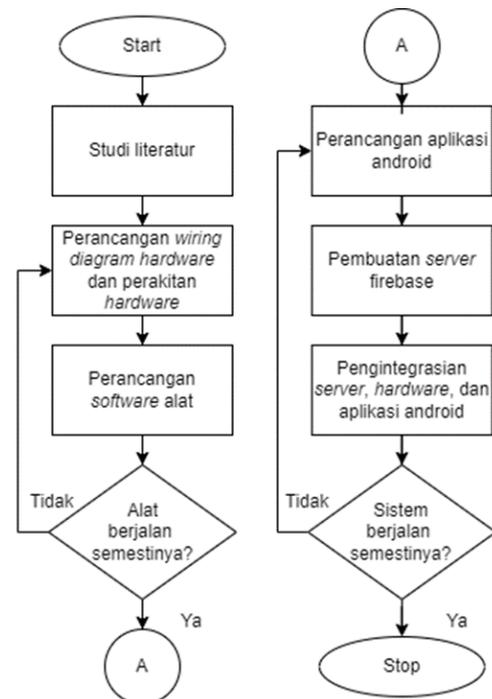
Firestore merupakan salah satu produk dari google yang bergerak dibidang penyediaan jasa basis data untuk layanan IoT. Pengguna dapat mengunggah data menuju server dan disimpan di dalam basis data yang telah disediakan. Kemudian data yang telah disimpan pada server dapat diakses dan dilihat nilainya melalui aplikasi android yang telah terintegrasi dengan server firebase [22]

III. METODE PENELITIAN

Penelitian rancang bangun sistem pemantauan panel surya berbasis *internet of things* dilaksanakan di Jalan Segara Sungsungu, Buleleng, Bali. Penelitian ini mulai dilaksanakan dari bulan Oktober hingga Desember 2022.

A. Diagram Alir Perancangan Sistem

Diagram alir pada gambar 1 menjelaskan tentang tahapan-tahapan perancangan sistem yang dimulai dari studi literatur, perancangan *hardware*, perancangan *software*, dan pengujian sistem.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

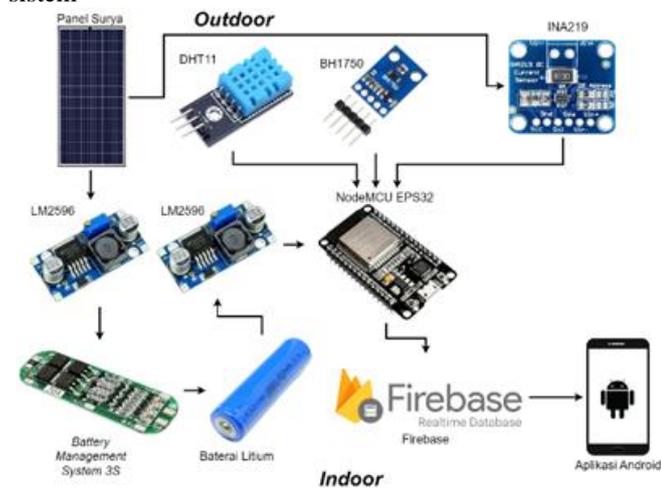
Tahapan penelitian ini dilakukan dengan studi literatur dengan mengumpulkan referensi dari jurnal penelitian terdahulu dan *datasheet* komponen terkait. Kemudian dilanjutkan dengan perancangan *wiring diagram hardware* menggunakan *software* Fritzing dan pembuatan *source code*

menggunakan *software* Arduino IDE kemudian sistem diuji apakah sudah dapat berjalan sesuai rancangan.

Setelah sistem diuji dan berjalan sesuai rancangan maka dilanjutkan dengan perancangan aplikasi android menggunakan *website* MIT App Inventor dan dilanjutkan dengan pembuatan server untuk sistem menggunakan Google Firebase. Pengintegrasian *hardware*, *software*, dan *server* dilakukan sebelum dilakukan pengujian sistem secara menyeluruh.

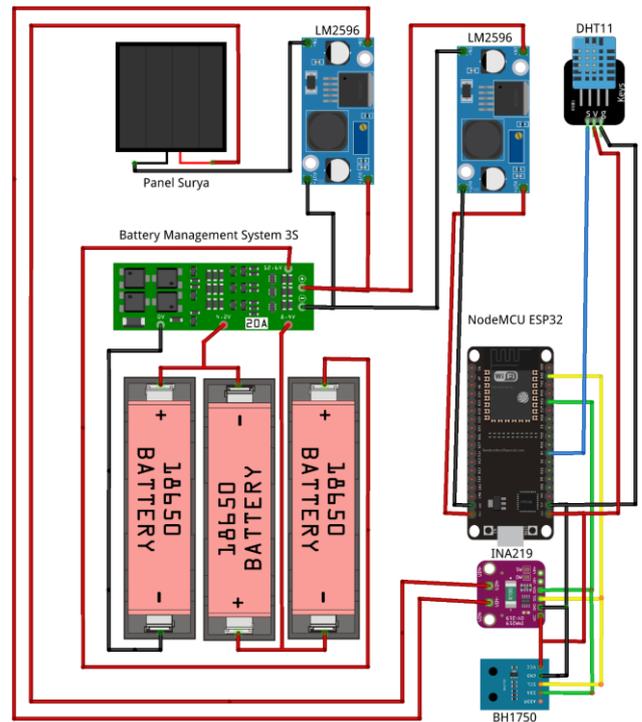
B. Perancangan Hardware

Panel surya menghasilkan tegangan yang kemudian diturunkan menggunakan LM2596 agar sesuai dengan tegangan BMS untuk mengisi baterai. Tegangan baterai diturunkan agar sesuai dengan tegangan NodeMCU ESP32. Baterai menjadi catu daya bagi NodeMCU ESP32. Sensor INA219 digunakan untuk membaca tegangan dan arus dari panel surya. DHT11 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan di sekitar panel surya. Sensor BH1750 digunakan untuk membaca intensitas cahaya di sekitar panel surya. Data pembacaan dari sensor akan dikirim menuju *realtime database* menggunakan NodeMCU ESP32, data kemudian ditampilkan pada aplikasi android. Gambar 2 merupakan diagram blok sistem



Gambar 2: Diagram Blok Sistem

Wiring diagram dari perancangan komponen hardware sistem pemantauan panel surya berbasis *internet of thing* dapat dilihat pada gambar 3.

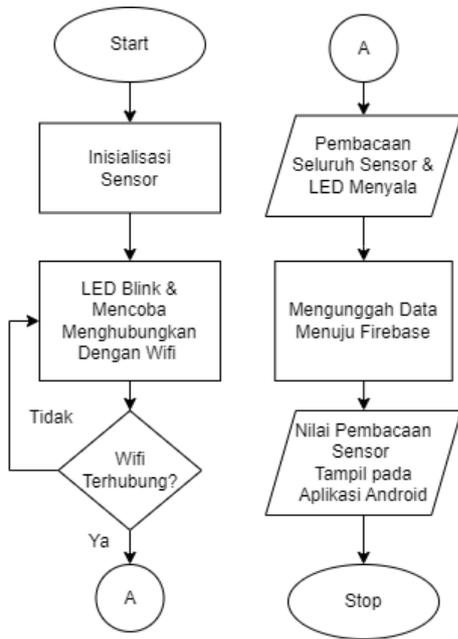


Gambar 3: Wiring Diagram sistem

C. Perancangan Perangkat Lunak

Source code ditulis menggunakan *software* Arduino IDE. Pada *source code* menggunakan beberapa *library* yaitu: WiFi.h, FirebaseESP32.h, Wire.h, BH1750.h, DHT.h, Adafruit_INA219.h. Gambar 4 merupakan diagram alir program.

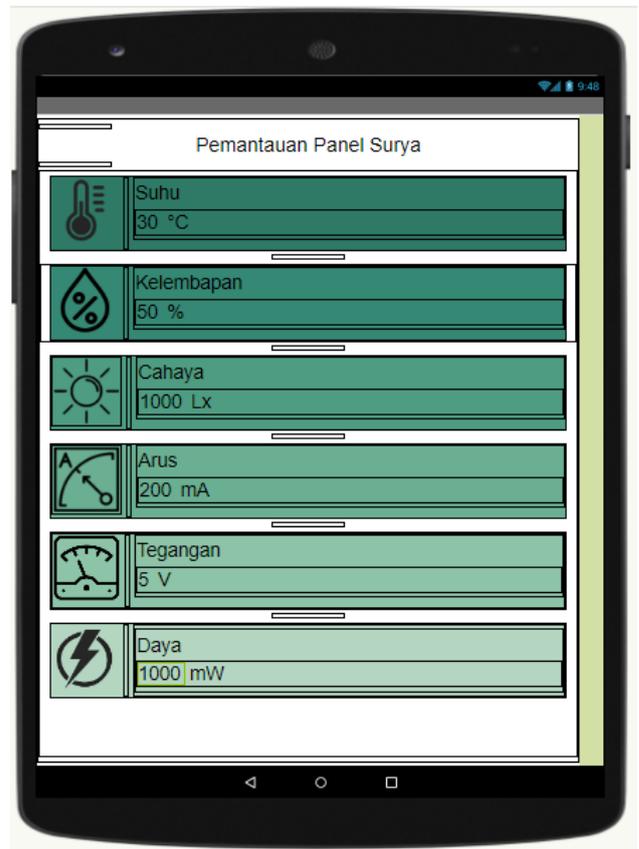




Gambar 4: Diagram Alir Program

Program diawali dengan inisialisasi seluruh sensor kemudian dilanjutkan dengan LED *blink* selama *hardware* berusaha untuk terhubung dengan Wifi. Saat *hardware* berhasil terhubung dengan Wifi maka seluruh sensor akan mulai membaca dan LED yang tadinya *blink* akan menyala terus. Setelah pembacaan oleh sensor maka data didapatkan lalu data diunggah menuju Firebase kemudian disimpan. Setelah data disimpan maka data dapat tampil pada aplikasi android.

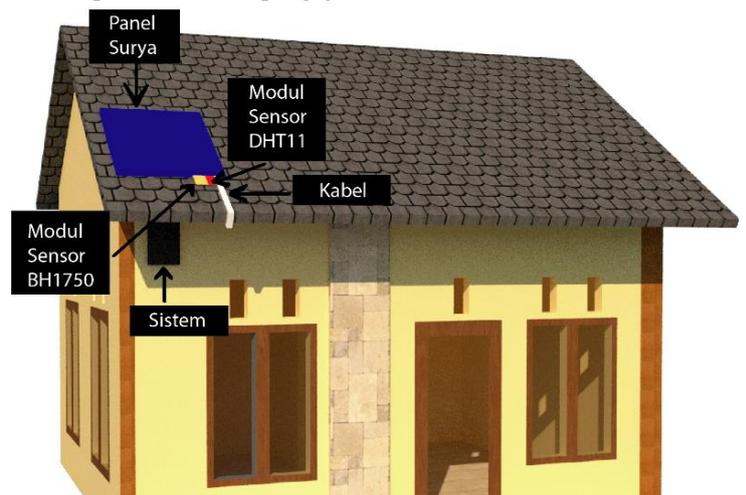
Aplikasi android dibuat dengan menggunakan *website* MIT App Inventor pada aplikasi android terdapat logo yang mewakili data, label dari masing-masing data, dan nilai data. Gambar 5 merupakan rancangan tampilan aplikasi android.



Gambar 5: Rancangan Tampilan Aplikasi Android

D. Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dengan meletakkan panel surya, sensor DHT11, dan sensor BH1750 di atap sedangkan komponen lainnya diletakkan di tempat teduh selama 13 jam mulai dari pukul 06.00 hingga 18.00. Tujuan pengujian ini adalah menguji sensor DHT11, INA219, dan BH1750. Data hasil pembacaan sensor diambil per-jam kemudian dibandingkan dengan alat ukur digital sehingga didapatkan nilai selisih rata-rata. Gambar 6 merupakan skenario pengujian sistem.



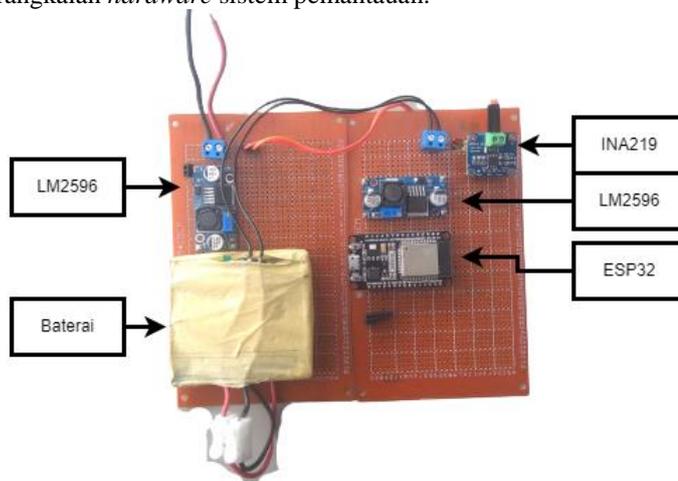
Gambar 6: Skenario pengujian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bentuk Fisik Purwarupa

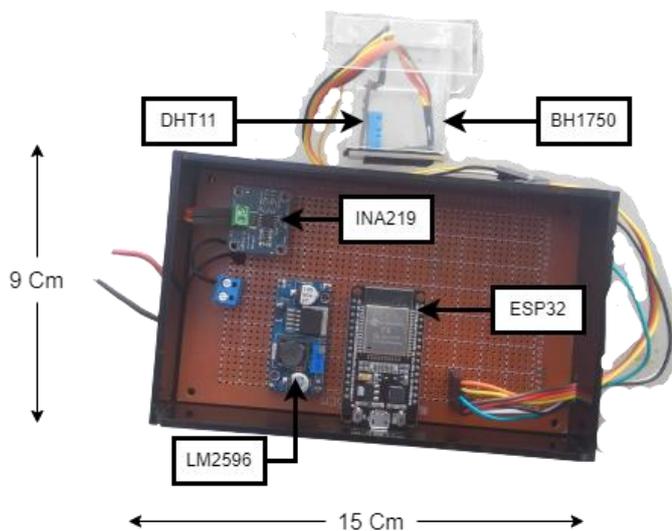
Gede Widi Kurniawan: Rancang Bangun Sistem Pemantauan ...

Komponen penyusun sistem dihubungkan dengan menggunakan *printed circuit board* kemudian *printed circuit board* dimasukkan ke dalam kotak. Gambar 7 merupakan rangkaian *hardware* sistem pemantauan.



Gambar 7: Rangkaian Komponen Sistem

Sensor DHT11 dan BH1750 dihubungkan dengan *hardware* menggunakan kabel *jumper*. Kedua sensor ini dilindungi oleh pelindung agar aman dari air hujan karena kedua sensor ini ditempatkan di posisi *outdoor*. Gambar 8 merupakan *hardware* secara keseluruhan.



Gambar 8: Hardware Sistem

B. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan meletakkan panel surya di atap. Lux meter, Modul sensor DHT11, Modul sensor BH1750 dan HTC-01 diletakkan di sebelah panel surya kemudian didapatkan data hasil pengukuran yang akan dibandingkan

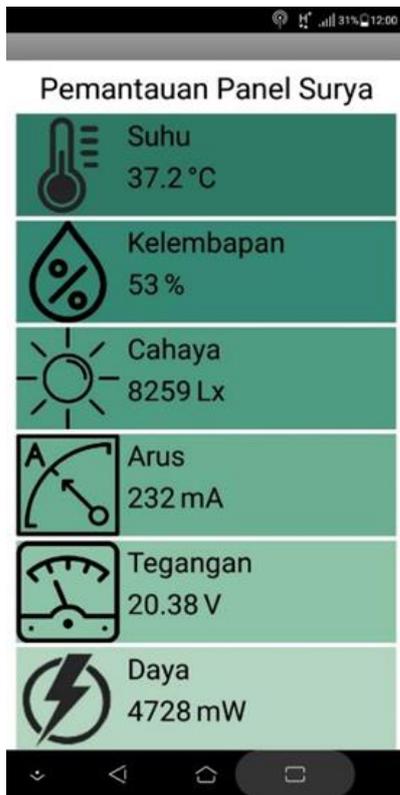
dengan data yang didapat oleh sensor. Gambar 9 merupakan dokumentasi saat pengujian.



Gambar 9: Dokumentasi Pengujian

Gambar 10 merupakan tampilan layar aplikasi android yang menunjukkan data dari sensor. Pada aplikasi terlihat *icon* dan data yang dibaca oleh sensor sehingga memudahkan pengguna pada saat pemantauan.





Gambar 10: Tampilan Aplikasi Android

Tabel 1 merupakan data suhu dan kelembapan hasil pembacaan sensor DHT11 dibandingkan dengan alat ukur pembanding.

TABEL I
PERBANDINGAN DATA PEMBACAAN SENSOR DHT11 DENGAN ALAT UKUR

No	Suhu (°C)			Kelembapan (%)		
	Alat Ukur	Sensor	Selisih (%)	Alat Ukur	Sensor	Selisih (%)
1	25.5	25.5	0.00	80	82	2.50
2	26.9	27.2	1.12	77	77	0.00
3	29	29.2	0.69	72	70	2.78
4	31.5	31.6	0.32	64	63	1.56
5	34.1	34.3	0.59	56	55	1.79
6	35.1	35.5	1.14	56	55	1.79
7	36.6	37.2	1.64	51	53	3.92
8	35.7	36.1	1.12	56	55	1.79
9	34.1	34.5	1.17	57	57	0.00
10	33.5	33.7	0.60	60	62	3.33
11	32.3	32.6	0.93	62	63	1.61
12	29.9	30.1	0.67	73	74	1.37
13	28.4	28.4	0.00	80	81	1.25
Rata-rata		0.77		Rata-rata		1.82

Berdasarkan tabel I dapat dilihat bahwa terdapat selisih antara data pembacaan sensor dengan data pengukuran. Selisih rata-rata suhu 0.77% dan selisih kelembapan relatif 1.82% adanya perubahan suhu dan kelembapan dari waktu ke waktu diakibatkan oleh radiasi matahari yang terjadi pada saat penelitian.

Tabel 2 merupakan data tegangan dan arus hasil pembacaan sensor INA219 yang dibandingkan dengan data hasil pengukuran.

TABEL III
PERBANDINGAN DATA PEMBACAAN SENSOR INA219 DENGAN ALAT UKUR

No	Tegangan (V)			Arus (mA)		
	Alat Ukur	Sensor	Selisih (%)	Alat Ukur	Sensor	Selisih (%)
1	14.72	14.71	0.07	1	1	0.00
2	16.57	16.55	0.12	12	13	8.33
3	17.34	17.31	0.17	24	26	8.33
4	19.9	19.89	0.05	55	53	3.64
5	20.1	20.08	0.10	61	65	6.56
6	20.1	20.09	0.05	115	118	2.61
7	20.4	20.38	0.10	226	232	2.65
8	19.4	19.39	0.05	157	160	1.91
9	18.83	18.81	0.11	121	125	3.31
10	18.66	18.65	0.05	71	73	2.82
11	18.17	18.15	0.11	39	41	5.13
12	16.82	16.79	0.18	13	14	7.69
13	13.19	13.18	0.08	1	1	0.00
Rata-rata		0.09		Rata-rata		4.08

Berdasarkan tabel II dapat dilihat bahwa terdapat selisih antara data pembacaan sensor dengan data pengukuran. Selisih tegangan rata-rata 0.09% dan selisih rata-rata arus 4.08%. Adanya perbedaan tegangan dari waktu ke waktu diakibatkan oleh kekurangan *irradiance* sehingga sel surya tidak aktif sehingga sel surya tidak menghasilkan tegangan. Perbedaan arus diakibatkan oleh banyaknya *irradiance* semakin banyak *irradiance* maka semakin besar arus yang dihasilkan.

Tabel III merupakan data daya hasil pembacaan sensor INA219 yang dibandingkan dengan data perkalian arus dan tegangan hasil pengukuran yang terdapat pada tabel II sesuai dengan persamaan 1.

$$P = V \times I \tag{1}$$

TABEL IIIII
PERBANDINGAN DATA DAYA SENSOR INA219 DENGAN ALAT UKUR

No	Daya (mW)			
	Pukul	Alat Ukur	Sensor	Selisih (%)
1	6.00	14.72	14	4.89
2	7.00	198.84	215	8.13
3	8.00	416.16	450	8.13
4	9.00	1094.5	1054	3.70
5	10.00	1226.1	1305	6.44
6	11.00	2311.5	2370	2.53
7	12.00	4610.4	4728	2.55
8	13.00	3045.8	3102	1.85
9	14.00	2278.43	2351	3.19
10	15.00	1324.86	1361	2.73
11	16.00	708.63	744	4.99
12	17.00	218.66	235	7.47
13	18.00	13.19	13	1.44
Rata-rata				4.46

Berdasarkan tabel III dapat dilihat bahwa terdapat selisih antara data pembacaan sensor dengan data pengukuran. Selisih rata-rata data sensor dengan alat ukur sebesar 4.46%.

Tabel IV merupakan data hasil pembacaan sensor BH1750 yang dibandingkan dengan data hasil pengukuran.

TABEL IVV
PERBANDINGAN DATA PEMBACAAN SENSOR BH1750 DENGAN ALAT UKUR

No	Intensitas Cahaya (Lux)			
	Pukul	Alat Ukur	Sensor	Selisih (%)
1	6.00	714	784	9.80
2	7.00	1990	1497	24.77
3	8.00	3233	2270	29.79
4	9.00	7590	3504	53.83
5	10.00	11180	5852	47.66
6	11.00	11400	6785	40.48
7	12.00	13960	8259	40.84
8	13.00	11170	6521	41.62
9	14.00	10070	4927	51.07
10	15.00	9630	4257	55.79
11	16.00	8080	3952	51.09
12	17.00	2909	1155	60.30
13	18.00	601	529	11.98
Rata-rata				39.93

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa terdapat selisih antara data pembacaan sensor dengan data pengukuran. Nilai selisih rata-rata intensitas cahaya 39.93% hal ini disebabkan oleh pelindung sensor yang digunakan pada penelitian ini yang berfungsi melindungi sensor yang berada di luar ruangan dari air hujan yang dapat merusak sensor.

V. KESIMPULAN

Sistem pemantauan panel surya berbasis *internet of things* dapat dibuat dengan mengintegrasikan *hardware* dan *software* sehingga tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan panel surya serta keadaan suhu dan kelembapan di sekitar panel surya dapat dipantau secara *wireless*. NodeMCU ESP32 digunakan sebagai pusat dari *hardware* dan mengirim data yang didapatkan melalui sensor menuju *database*. Hasil pengujian sensor INA219 mendapatkan selisih rata-rata tegangan 0.09% dan selisih rata-rata arus 4.08%. Hasil pengujian sensor DHT11 mendapatkan selisih rata-rata suhu 0.77% dan selisih kelembapan relatif 1.82%. Hasil pengujian sensor BH1750 mendapatkan selisih rata-rata intensitas cahaya 39.93%. *Software* pada sistem dibagi menjadi dua yaitu *source code* NodeMCU ESP32 dan blok pemrograman aplikasi android. Aplikasi android dan *hardware* dapat terintegrasi berkat adanya *realtime database* yang menjadi media berbagi data.

REFERENSI

[1] N. M. N. Lestari, I.N.S. Kumara, and I.A.D. Giriantari, "Review Status Panel Surya di Indonesia Menuju Realisasi Kapasitas PLTS Nasional 6500 MW", *Jurnal Spektrum*, vol. 8, pp. 27-37, Mar. 2021.
[2] Indonesia Gov, Peraturan Presiden 22/2017 – Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), 2017.
[3] R. R. Hasrul, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif", *SainETIn*, vol. 5, pp. 79-87, Jun. 2021.

[4] I. B. Kurniansyah, F. Ronilaya, and M. F. Hakim, "Perencanaan dan Pembuatan Real Time Monitoring System dari Pada Modul Active Solar Photo Voltaic Tracker Berbasis Internet of Things". *Jurnal Sistem Kelistrikan POLINEMA*, vol. 7, pp. 97-103, Oct. 2020.
[5] E. Marianis, L. Jasa, and P. Rahardjo, "Sistem Pemantauan Kekeruhan dan Suhu Air pada Akuarium Ikan Hias Air Tawar Berbasis IoT (Internet of Things)". *Majalah Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 21, pp. 271-277, Dec 2022.
[6] I. K. C. Arta, A. Febriyanto, I. B. M. H. A. Nugraha, I. G. S. Widharma, and I. B. I. Purnama, "Animal Tracking Berbasis Internet of Things". *Majalah Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 21, pp. 7-12, Jun 2022.
[7] M. Fernando, L. Jasa, and R. S. Hartati, "Monitoring System Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Raspberry Pi 3". *Majalah Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 21, pp. 135-142, Jun 2022.
[8] R. Alfita, K. Joni, and F. D. Darmawan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS dan Kontrol Beban Berbasis *Internet of Things*". *Jurnal Ilmiah Ilmu Kerekayasaan*, vol. 42, pp. 35-44, May. 2021.
[9] P. Gunoto, A. Rahmadi, and E. Susanti, "Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things". *Sigma Teknika*, vol. 5, pp. 285-295, Nov 2022
[10] L. Prihasworo, D. W. Fittrin, U. Y. Oktiawati, H. N. Isnianto and Y. W. Setyono, "Rancang Bangun Smart DC Current and Voltage Monitoring Dengan Thingspeak Pada Simulator PLN Laboratorium Teknik Tenaga Listrik UGM". *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, vol.1, pp. 39-49, Dec 2020.
[11] B. B. Rarumangkay, V. C. Poekoel, and S. R.U.A. Sompie, "Sistem Monitoring Panel Surya" *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 16, pp. 211 – 218, Jun 2021.
[12] Aldiansyah, Y. Apriani, and Z. Saleh, "Monitoring Arus Dan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Internet Of Things". *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 8, pp. 889-896, Jun 2021.
[13] M. W. Prasetyo, Rifdian, and Hartono, "Rancangan Kontrol dan Monitoring Charging Baterai Pada Pembangkit Listrik Bertenaga Surya Berbasis *Internet of Things*". *Approach : Jurnal Teknologi Penerbangan*, vol. 5, pp. 6-9, Apr. 2021
[14] M. A. Gumilang and H. Rakhmad, "Rancang Bangun Monitoring Daya Listrik untuk Aplikasi Sistem Tenaga Surya Berteknologi Smart Grid pada Skala Rumah Tinggal". *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan (J-TIT)*, vol. 7, pp. 66-70, Dec. 2020
[15] A. F. U. Suduri, S. I. Haryudo., Joko, and M. Widyartono, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 80 Wp Untuk Alat Penetas Telur Berbasis Internet Of Things". *Jurnal Teknik Elektro*, vol 10, pp. 587-596, Sep. 2021.
[16] Hermansyah, Kasim, and I. K. Yusri, "Solar Panel Remote Monitoring and Control System on Miniature Weather Stations Based on Web Server and ESP32". *International Journal of Recent Technology and Applied Science*, vol. 2, pp. 1-24, Mar. 2020.
[17] I. G. H. Putrawan, P. Raharjo, and I. G. A. P. R. Agung, "Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air dan Pemberi Pakan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Koi Berbasis NodeMCU". *Majalah Ilmiah Teknik Elektro*, vol 19, pp. 1-10, Jun 2020.
[18] D. Erwanto, D. A. Widhining, and T. Sugiarto, "Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things". *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, vol. 14, pp. 1-12, Aug. 2020.
[19] S. Hadi, R. P. M. D. Labib, and P. D. Widayaka, "Perbandingan Akurasi Pengukuran Sensor LM35 dan Sensor DHT11 untuk Monitoring Suhu Berbasis Internet of Things". *Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi*, vol. 6, pp. 269-278, Apr. 2022.
[20] S. Wahyu, M. Syafaat, A. Yuliana, and R. Meliyani, "Aplikasi Sensor BH1750 untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT)". *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 9, pp. 71-78, Jan. 2021.



- [21] A. Siswanto, R. Sitepu, D. Lestariningsih, L. Agustine, A. Gunadhi, and W. Andyardja, "Meja Tulis Adjustable Dengan Konsep Smart Furniture". *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, vol. 19, pp. 98-108, Nov. 2020.
- [22] J. W. Jokanan, A. Widodo, N. Kholis, and L. Rakhmawati, "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Dan Aplikasi". *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 11, pp. 47-55, Jan. 2022.