

# Optimalisasi Labview Sebagai Kendali dan Monitoring Arus Tegangan pada Modul Solar Cell Menggunakan Jaringan Lokal

Sugeng Dwi Riyanto<sup>1</sup>, Purwiyanto<sup>2</sup>, Riyani Prima Dewi<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap

<sup>2,3</sup>Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Harapan Bersama

<sup>1,2,3</sup>Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: sugengdr@pnc.ac.id<sup>1</sup>, purwi\_power@pnc.ac.id<sup>2</sup>, ryanipdewi@gmail.com<sup>3</sup>

## Abstrak

### Info Naskah:

Naskah masuk: 23 Mei 2023

Direvisi: 21 Juni 2023

Diterima: 24 Juni 2023

Sumber energi baru terbarukan di Indonesia sudah banyak dimanfaatkan salah satunya adalah energi matahari untuk pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan *solar cell* sebagai medianya. Dalam membangkitkan listrik, solar cell sangat bergantung pada intensitas matahari sehingga menghasilkan arus dan tegangan yang tidak konstan. Karena hal tersebut dibuatlah sebuah sistem *monitoring* untuk memantau arus dan tegangan yang ada dalam sebuah modul *solar cell* untuk mengetahui kondisi arus dan tegangan. Pada penelitian ini sistem monitoring menggunakan pengiriman data secara *wireless* melalui modul XBee S2C yang terpasang pada Arduino Mega 2560 dan Arduino UNO. Sensor INA 219 terpasang pada sebuah modul *solar cell* bersama dengan modul relay yang terkoneksi dengan Arduino Mega 2560 dan modul XBee S2C. Hasil pengujian menunjukkan pengiriman data secara *wireless* tidak dapat digunakan didalam ruangan dengan jarak lebih dari 20 meter. Sensor INA 219 sebagai pembaca parameter arus dan tegangan DC memiliki tingkat *error* sebesar 0,49% hingga 0,75% untuk tegangan dan untuk pembacaan arus DC memiliki tingkat *error* sebesar 1,85%. Hasil dari pembacaan arus dan tegangan ditampilkan pada sebuah antarmuka LabVIEW secara *real time* dan dapat diakses melalui *web browser* dengan menggunakan jaringan lokal. Kendali relay yang dilakukan melalui LabVIEW memiliki *delay* waktu selama 6,08 detik. *Data logging* dapat disimpan pada *file .xls* dan data yang ditampilkan pada *web browser* memiliki *delay* selama satu hingga dua detik.

## Abstract

### Keywords:

monitoring;

solar cell;

labview;

INA219;

wireless sensor network.

Renewable energy sources in Indonesia have been widely used, one of which is solar energy, for various needs, one of which is for solar power generation by using solar cells as the medium. In generating electricity, solar cells are very dependent on the intensity of the sun so as to produce currents and voltages that are not constant. Because of this, a monitoring system was created to monitor the current and voltage in a solar cell module to determine current and voltage conditions. In this study, the monitoring system used wireless data transmission via the XBee S2C module installed on the Arduino Mega 2560 and Arduino UNO. The INA 219 sensor is mounted on a solar cell module along with a relay module connected to the Arduino Mega 2560 and the XBee S2C module. The test results show that wireless data transmission cannot be used indoors at a distance of more than 20 meters. The INA 219 sensor as a reader for DC current and voltage parameters has an error rate of 0.49% to 0.75% for voltage and for DC current readings it has an error rate of 1.85%. The results of current and voltage readings are displayed on a LabVIEW interface in real-time and can be accessed via a *web browser* using a local network. Relay control carried out through LabVIEW has a delay time of 6.08 seconds. Logging data can be stored in .xls files and data displayed on a *web browser* has a delay of one to two seconds.

\*Penulis korespondensi:

Sugeng Dwi Riyanto

E-mail: sugengdr@pnc.ac.id

## 1. Pendahuluan

Sumber energi baru terbarukan (EBT) adalah sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global, karena energi yang didapatkan berasal dari proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, air, biofuel, dan geothermal. Energi terbarukan di Indonesia telah banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti salah satunya adalah energi matahari [1]–[5]. Energi matahari adalah sumber energi yang berasal dari cahaya matahari yang sampai ke permukaan bumi. Pemanfaatan energi matahari untuk berbagai macam kebutuhan salah satunya sebagai pembangkit listrik tenaga surya yang biasa disebut PLTS, dengan menggunakan solar cell sebagai medianya.

Indonesia merupakan salah satu dari beberapa negara yang berada dalam lintas khatulistiwa yang berarti wilayah tersebut setiap harinya terpapar sinar matahari kurang lebih selama 12 jam dengan intensitas yang tinggi 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari[6]. Kondisi ini berbeda dibandingkan dengan daerah-daerah seperti Jerman, Jepang, dan Amerika Serikat yang telah banyak memanfaatkan sumber energi dari cahaya matahari. Pengembangan teknologi solar cell di seluruh dunia terus dilakukan. Solar cell yang dikembangkan itu juga memanfaatkan sistem kontrol / monitoring. Monitoring dapat memberikan informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan yang berkesinambungan.

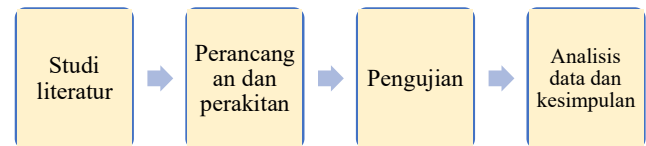
Penelitian sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian mengenai monitoring kinerja panel surya [3], [7]–[15]. Pada penelitian [14], sistem monitoring kinerja panel surya memfokuskan pada output daya dari panel surya dengan mengukur tegangan dan arus keluaran panel surya. Pada sistem monitoring arus dan tegangan panel surya dicatat menggunakan software Microsoft visual basic dan arduino IDE. Dari hasil pencatatan tersebut, dibuat sebuah indikator menggunakan lampu LED yang akan menyala jika terbaca tegangan turun kurang dari 8V. Pada penelitian lain, tegangan panel surya bisa dimonitoring secara realtime menggunakan komunikasi antara web dengan mikrokontroler. Tampilan monitoring pada web dapat menggunakan fitur grafik yang otomatis ditampilkan secara realtime walaupun masih menggunakan webserver local sebagai servernya[13].

Pada penelitian ini, untuk mengetahui kondisi arus dan tegangan pada panel surya akan dirancang sistem monitoring menggunakan pengiriman data secara wireless melalui modul XBee S2C yang terpasang pada Arduino Mega 2560 dan Arduino UNO. Sensor INA 219 terpasang pada sebuah modul solar cell bersama dengan modul relay yang terkoneksi dengan Arduino Mega 2560 dan modul XBee S2C untuk pembacaan arus dan tegangan dari panel surya.

## 2. Metode

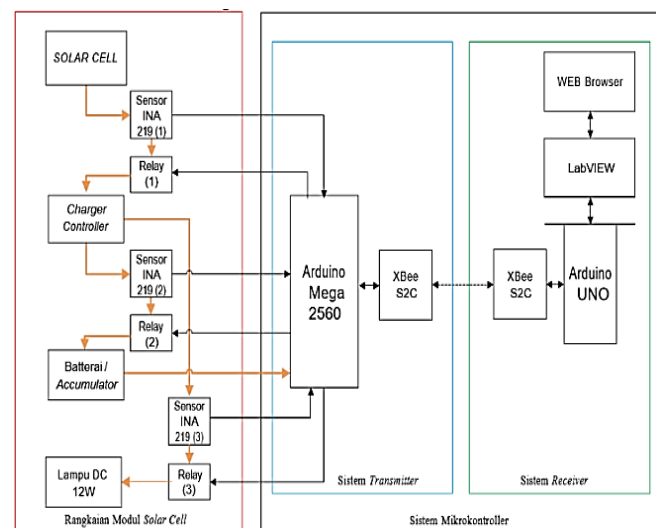
Alur dari penelitian ini ditunjukkan oleh *flowchart* pada Gambar 1. Tahap pertama dari penelitian ini yaitu studi literatur mengenai sensor yang umum digunakan dalam sistem monitoring kinerja panel surya. Kemudian

dilanjutkan dengan perancangan hardware dan merakit komponen elektronik. Tahap ketiga adalah pengujian sistem untuk melihat kinerja sensor dan sistem monitoring pada labView. Tahap terakhir yang dilakukan yaitu analisis data dan kesimpulan.



Gambar 1. Alur Penelitian

Pada perancangan sistem monitoring, blok diagram sistem ditunjukkan oleh Gambar 2. Dari blok diagram terlihat bahwa terdapat dua blok yaitu rangkaian modul *solar cell* (merah) dan sistem mikrokontroler (hitam), pada blok sistem mikrokontroler terdapat dua blok yaitu sistem *transmitter* (biru) dan sistem *receiver* (hijau). Jalur merah pada blok diagram merupakan jalur *power* dan jalur hitam merupakan jalur data. Pada modul *solar cell* terdapat sensor INA 219 untuk membaca parameter arus-tegangan yang ada pada modul *solar cell* kemudian diproses ke Arduino Mega 2560 dan relay untuk memutus jalur arus-tegangan yang dapat dikendalikan oleh Arduino Mega 2560. Pada sistem *transmitter* terdapat Arduino Mega 2560 yang terhubung dengan XBee S2C yang berfungsi untuk mentransmisikan data secara *wireless* menuju sistem *receiver* yang terdiri dari XBee S2C dan Arduino UNO. Arduino UNO terhubung secara langsung dengan LabVIEW yang dapat juga diakses melalui *Web browser* untuk menerima data arus-tegangan dan dapat mengendalikan *on-off* relay pada modul *solar cell* melalui transmisi *wireless*.



Gambar 2. Blok Diagram

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan *flowchart* transmitter dan *receiver* pada sistem. Gambar 3 menjelaskan sistem akan melakukan inisialisasi data arus dan tegangan, kemudian data diambil dan diolah pada Arduino Mega 2560, setelah data arus dan tegangan didapatkan selanjutnya sistem

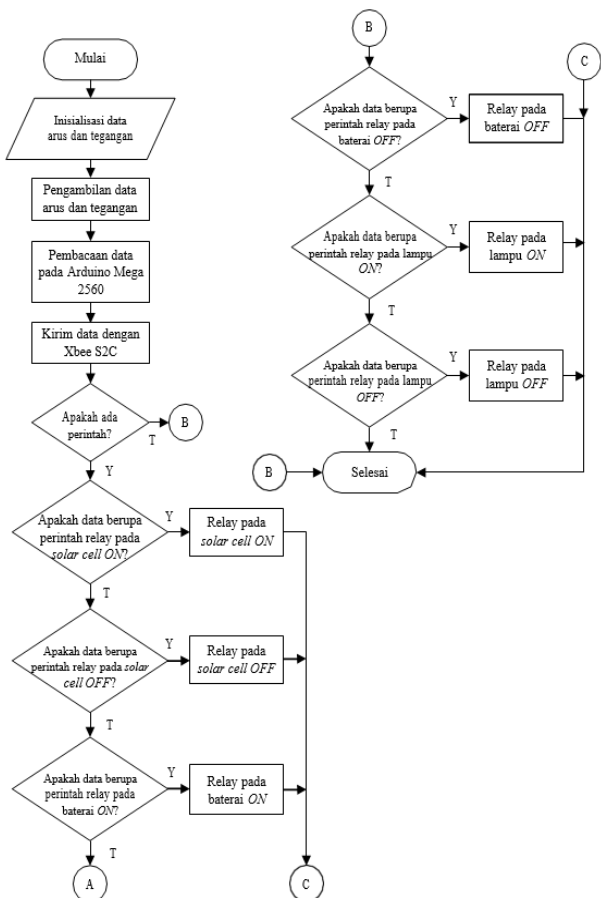
akan mengirim data tersebut melalui XBee S2C. Ketika sistem mendeteksi adanya data yang diterima dari XBee receiver sistem akan mengolah data tersebut menjadi perintah untuk mengendalikan empat relay yang terpasang pada modul solar cell. Data perintah berupa karakter string berupa '<' dan '>' untuk kendali on off relay pada solar cell, karakter '+' dan '-' untuk kendali on off relay pada baterai, kemudian karakter '(' dan ')' untuk kendali on off relay pada lampu.

Flowchart pada Gambar 4 menggambarkan bagaimana cara sistem receiver bekerja. Dimulai dengan pendeteksian ID dari transmitter apakah sesuai dengan ID receiver, jika sesuai maka sistem akan melakukan penerimaan data kemudian data diolah untuk bisa direpresentasikan ke dalam software LabVIEW. Setelah data ditampilkan ke dalam software LabVIEW selanjutnya antarmuka yang terdapat pada LabVIEW di publish ke web browser untuk lebih mudah melakukan akses kegiatan monitoring. Kemudian di dalam software LabVIEW terdapat program yang terintegrasi dengan Arduino UNO yang berfungsi mengirim perintah untuk mengendalikan relay pada modul solar cell. Data perintah berupa karakter string berupa '<' dan '>' untuk kendali on off relay pada solar cell, karakter '+' dan '-' untuk kendali on off relay pada baterai, kemudian karakter '(' dan ')' untuk kendali on off relay pada lampu.

sesuai maka sistem akan melakukan penerimaan data kemudian data diolah untuk bisa direpresentasikan ke dalam software LabVIEW. Setelah data ditampilkan ke dalam software LabVIEW selanjutnya antarmuka yang terdapat pada LabVIEW di publish ke web browser untuk lebih mudah melakukan akses kegiatan monitoring. Kemudian di dalam software LabVIEW terdapat program yang terintegrasi dengan Arduino UNO yang berfungsi mengirim perintah untuk mengendalikan relay pada modul solar cell. Data perintah berupa karakter string berupa '<' dan '>' untuk kendali on off relay pada solar cell, karakter '+' dan '-' untuk kendali on off relay pada baterai, kemudian karakter '(' dan ')' untuk kendali on off relay pada lampu.

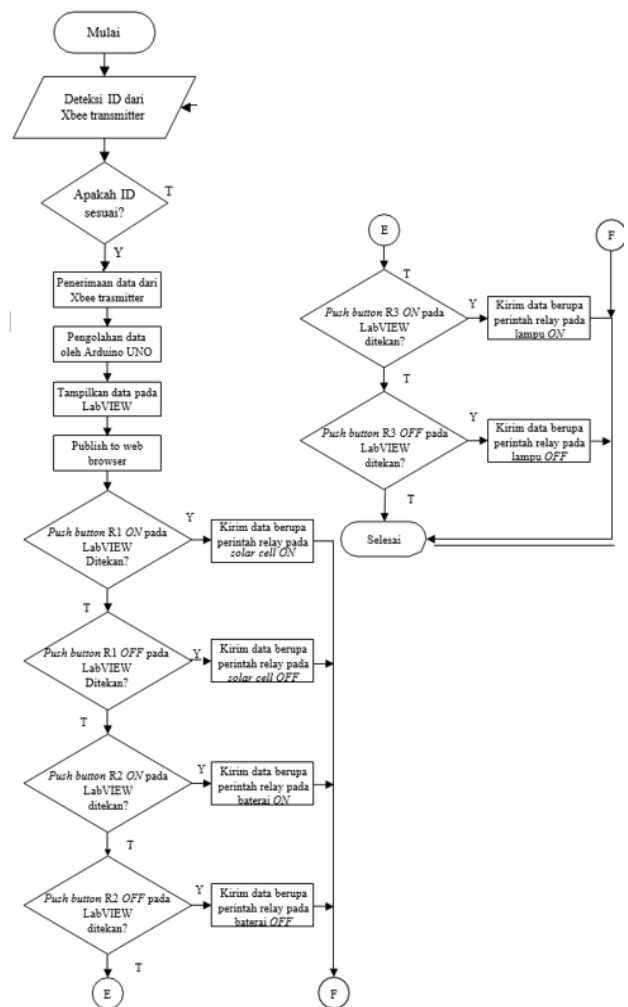
### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dan analisis data telah dilakukan dan pembahasan dari masing-masing hasil pengujian adalah pada Gambar 4.



Gambar 3. Flowchart Transmitter

Flowchart pada Gambar 3 menggambarkan bagaimana cara sistem receiver bekerja. Dimulai dengan pendeteksian ID dari transmitter apakah sesuai dengan ID receiver, jika



Gambar 4. Flowchart Receiver

#### 3.1 Pengujian Tegangan dan Arus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor INA 219 dalam mendeteksi tegangan pada suatu rangkaian tertutup dan terbuka serta pembacaan nilai arus DC dan membandingkannya dengan alat ukur multimeter. Pengujian untuk mengukur nilai tegangan dilakukan dengan

menggunakan menggunakan beban dan tanpa beban. Sensor INA 219 yang diuji adalah sensor yang terletak pada baterai. Baterai yang digunakan memiliki kapasitas 9 Ah dan memiliki tegangan normal sekitar 12V. Pada pengujian ini V0 merupakan kondisi tegangan pada rangkaian terbuka atau belum ada beban, dan V1 merupakan tegangan pada rangkaian tertutup atau dengan adanya beban. Beban yang digunakan yaitu lampu DC 12W.  $\Delta V_0$  dan  $\Delta V_1$  merupakan selisih dari pembacaan tegangan menggunakan sensor INA 219 dan alat ukur multimeter. Hasil pengujian tegangan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan Sensor INA 219 pada Baterai

V0 Multimeter	V1 Multimeter	V0 INA 219	V1 INA 219	$\Delta$ V0	$\Delta$ V1
12,37	11,92	12,31	12,22	0,06	0,03
12,48	12,31	12,42	12,21	0,17	0,21
12,46	12,30	12,40	12,15	0,16	0,25
12,48	12,12	12,46	12,06	0,02	0,06
12,45	12,16	12,41	12,16	0,04	0
12,43	12,15	12,39	12,05	0,04	0,1
12,30	12,08	12,27	12,02	0,03	0,06
12,30	12,09	12,28	12,02	0,02	0,07
12,31	12,09	12,27	12,03	0,04	0,06
12,32	12,16	12,29	12,09	0,03	0,07

Berdasarkan dari hasil pengujian dua kondisi tegangan pada sensor INA 219 didapatkan dua hasil yaitu pada saat kondisi tegangan diam dan ketika ada drop tegangan. Pada saat kondisi diam atau pada rangkaian terbuka didapat simpangan sebesar 0,49% dan ketika ada drop tegangan atau pada rangkaian tertutup didapat simpangan sebesar 0,75%. Simpangan tersebut terjadi karena adanya keterlambatan respon dari sensor untuk membaca tegangan yang terbaca.

Pada pengujian arus, sensor yang digunakan terletak pada *solar cell* yang memiliki spesifikasi 20WP. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan arus pada sensor INA 219 dengan alat ukur multimeter pada saat solar cell di bawah pancaran sinar matahari secara langsung dengan beban baterai berkapasitas 9Ah dan tegangan 12V. Pada Tabel 2  $\Delta$ mA merupakan selisih dari pembacaan arus menggunakan alat ukur multimeter dengan Sensor INA 219 yang terletak pada *solar cell*. Hasil pengujian arus ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Arus Sensor INA 219 pada Solar Cell

No	Multimeter (mA)	INA 219 (mA)	$\Delta$ (mA)
1	983	998,14	15,14
2	967	992,49	25,49
3	1091	1.106,65	15,65
4	1073	1.082,58	9,58
5	1100	1.116,62	16,62
6	1078	1.090,07	12,07
7	1173	1.203,51	30,51
8	1164	1.182,26	18,26
9	1050	1.087,68	37,68
10	1196	1.215,14	19,14

Berdasarkan hasil pengujian arus pada alat ukur multimeter dan INA 219 didapatkan nilai simpangan sebesar 1,85%. Nilai simpangan ini terjadi karena adanya keterlambatan alat ukur multimeter dan sensor yang

digunakan dan ketidakstabilan pancaran matahari juga menjadi penyebab simpangan.

### 3.2. Pengujian Pengisian Baterai berdasarkan Kemiringan Solar Cell

Pengujian ini bertujuan yaitu untuk mengetahui seberapa besar arus pada solar cell pada saat menuju ke baterai selama pengisian berlangsung serta berapa tegangan yang bertambah selama waktu pengisian berlangsung. Pengisian solar cell dilakukan masing-masing pada kemiringan sudut panel sebesar 0°, 20°, dan 55° dengan sumbu + sebagai acuannya dan menggunakan penggaris busur sebagai alat ukurnya.

Tabel 3. Pengisian dengan kemiringan 0°

Waktu	Arus 1 (mA)	Arus 2 (mA)	Tegangan 1 (V)	Tegangan 2 (V)
10.00	981.08	963.12	12.8	12.51
11.00	1130.37	1100.78	12.97	12.73
12.00	1150.34	1120.49	13.19	12.92

Tabel 4. Pengisian dengan kemiringan 20°

Waktu	Arus 1 (mA)	Arus 2 (mA)	Tegangan 1 (V)	Tegangan 2 (V)
10.00	1157.09	1143.61	12.69	12.56
11.00	1208.82	1195.49	12.95	12.8
12.00	1151.69	1138.02	13.19	13.04

Tabel 5. Pengisian dengan kemiringan 55°

Waktu	Arus 1 (mA)	Arus 2 (mA)	Tegangan 1 (V)	Tegangan 2 (V)
10.00	1203.51	1185.7	13.92	13.71
11.00	1277.63	1259.46	14.22	14.00
12.00	946.66	928.6	13.56	14.26

Pengujian dilakukan diluar ruangan pada pukul 9.00 pagi sampai pukul 12.00 siang. Spesifikasi solar cell yang digunakan untuk pengisian baterai adalah 20WP dan baterai yang digunakan untuk menampung pengisian adalah baterai aki kering dengan spesifikasi 9Ah 12V. Hasil uji ditampilkan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5 untuk masing-masing sudut kemiringan 0°, 20°, dan 55°. Arus 1 dan Tegangan 1 adalah arus dan tegangan yang terbaca pada solar cell menuju charger controller dan Arus 2 dan Tegangan 2 adalah arus dan tegangan yang terbaca pada sensor yang dirangkai pada jalur yang menuju ke baterai aki.

Berdasarkan hasil pengujian pengisian baterai sesuai 3 kemiringan yang berbeda yang ditunjukkan oleh Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5 didapat hasil selisih tegangan baterai dari kondisi sebelum pengisian sampai 3 jam setelah pengisian. Hasil bertambahnya baterai yang paling tinggi adalah pada sudut kemiringan 55° dengan sumbu  $\chi^+$  sebagai acuannya pengisian sebesar 1,52V dan didapat satu sudut kemiringan yang memiliki arus terbesar selama pengisian di luar ruangan yaitu pada sudut 55° dengan sumbu  $\chi^+$  sebagai acuannya ketika pukul 11.00 yaitu sebesar 1277.63 mA untuk arus yang menuju *charger controller* dan 1259.46 mA untuk arus menuju baterai.

### 3.3 Pengujian Pengurangan Tegangan Baterai

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama tegangan baterai akan berkurang dengan menggunakan

beban lampu DC 12W. Pada pengujian ini charger controller pada modul solar cell diatur pada settingan 11,3V untuk batas bawah tegangan. Hal ini menyebabkan jika tegangan baterai terdeteksi oleh charger controller sebesar 11,3V maka charger controller akan memutus arus dan tegangan yang menuju ke beban. Kapasitas baterai yang digunakan ketika pengujian ini adalah 9Ah dan tegangan awal ketika melakukan pengujian yaitu sebesar 12.17V. Pengujian ini dilakukan ketika matahari terbenam dan kabel dari solar cell menuju charger controller diputus menggunakan modul relay, sehingga sensor membaca arus dan tegangan yang menuju ke beban. Beban yang digunakan berupa lampu DC dengan spesifikasi tertulis pada lampu 12W. Data hasil percobaan ditunjukkan oleh Tabel 6.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat beban menyala pada pukul 6:03:02 malam dengan kondisi tegangan awal baterai 12,16V dan menjadi 11,97V ketika beban lampu dinyalakan. Pada saat lampu menyala arus terbaca pada sensor yang ada pada *charger controller* menuju beban lampu sebesar 410.47 mA hingga 458.6 mA.

Kemudian beban lampu padam pada pukul 10:49:48 dengan indikasi tegangan baterai yang terbaca pada sensor INA 219 pada baterai menuju *charger controller* adalah 11.3V dan arus yang menuju ke beban lampu terputus dengan indikasi arus yang terbaca di sensor INA219 pada charger controller menuju beban lampu sebesar 0,87 mA.

Tabel 6. Pengisian dengan kemiringan 0°

Jam	Tegangan Dari Baterai ke Charger Controller (V)	Tegangan Ke Lampu (V)	Arus Ke Charger Controller (mA)	Arus ke Lampu (mA)
6:03:02 PM	11.97	11.9	420.69	410.47
6:03:04 PM	11.96	11.9	425.21	414.93
6:03:12 PM	11.94	11.88	432.18	421.99
7:00:06 PM	11.74	11.68	468.75	458.6
7:00:09 PM	11.75	11.68	468.78	458.6
8:00:07 PM	11.62	11.56	456.63	446.53
8:00:09 PM	11.63	11.56	456.67	446.54
9:00:00 PM	11.51	11.44	442.95	432.89
9:00:04 PM	11.51	11.44	443	432.82
10:49:42 PM	11.3	11.24	413.6	403.44
10:49:44 PM	11.3	11.24	413.58	403.46

Ketika lampu padam tegangan pada baterai terbaca pada sensor INA 219 sebesar 11.5V karena ketika tegangan menyuplai beban lampu tegangan akan turun dibawah 11.3V sehingga tidak dapat menyuplai lampu karena pada *charger controller* terdapat *settingan* batas tegangan supply adalah 11.3V. Pengujian membuktikan dengan beban lampu DC 12 W dan kapasitas baterai awal adalah 12.16, lampu atau beban dapat menyala dengan durasi sekitar 4 Jam 53 menit.

### 3.4 Pengujian Modul Xbee S2C

Pengujian ini bertujuan untuk menghubungkan kedua modul Xbee S2C dengan beberapa jarak tertentu. Pada Xbee transmitter memiliki LED indikator yang akan berkedip dengan tempo pelan ketika pertama kali mendapat supply tegangan hingga terhubung dengan receiver LED indikator tetap berkedip pelan. Pada Xbee receiver memiliki LED indikator yang menyala diam ketika pertama kali mendapat suplai tegangan dan akan berkedip ketika sudah terhubung dengan transmitter.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kedua Modul Xbee S2C

No	Jarak (m)	Penghalang	Xbee Transmitter	Xbee Receiver	Data
1	10	Tidak	berkedip	berkedip	terkirim
2	10	Ya	berkedip	berkedip	terkirim
3	15	Tidak	berkedip	berkedip	terkirim
4	15	Ya	berkedip	berkedip	terkirim
5	20	Tidak	berkedip	berkedip	terkirim
6	20	Ya	berkedip	berkedip	terkirim
7	30	Tidak	berkedip	berkedip	terkirim
8	30	Ya	berkedip	tidak berkedip	terputus
9	50	Tidak	berkedip	berkedip	terputus
10	50	Ya	berkedip	tidak berkedip	terputus

Dengan hasil pengujian pada Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa Xbee S2C dapat berkomunikasi hingga 50 meter jika tidak ada penghalang misalnya bangunan yang menghalangi antara *transmitter* dan *receiver*. Untuk wilayah yang padat bangunan, penggunaan komunikasi Xbee S2C akan efektif pada jarak yang direkomendasikan yaitu sekitar 15 - 20 meter.

### 3.5 Pengujian LabVIEW

Pengujian pada LabVIEW bertujuan untuk mengetahui bagaimana mengintegrasikan Arduino dengan LabVIEW dan bagaimana cara mengakses front panel pada WEB melalui jaringan Local Area Network.

#### 1) Pengujian Penyimpanan Data Logging ke Excel

Pengujian penyimpanan data dilakukan saat pertama kali file dijalankan dengan mengeklik *run continuously* kemudian akan muncul file dialog. Sebelum melakukan penyimpanan data sebelumnya harus dibuat *file excel* dengan format .xls untuk menyimpan *data logging*. Kemudian pada bagian pojok kanan bawah *file dialog* pilih opsi *All Files* untuk dapat melihat file .xls yang sudah dibuat. Setelah *file* sudah dipilih klik *Pilih* dan data akan otomatis tersimpan secara *real time* mengikuti waktu yang ada pada komputer. Tampilan penyimpanan data pada excel dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil dari pengujian penyimpanan pada *file excel* terdiri dari tanggal penyimpanan, jam yang menunjukkan *detail* sampai dengan detik, kemudian tegangan dari *solar cell*, tegangan baterai, tegangan *output DC*, arus *solar cell*, arus baterai, arus *output DC*.

#### 2) Pengujian Kendali Relay

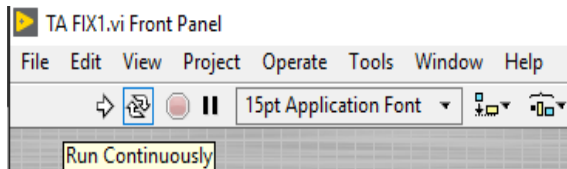
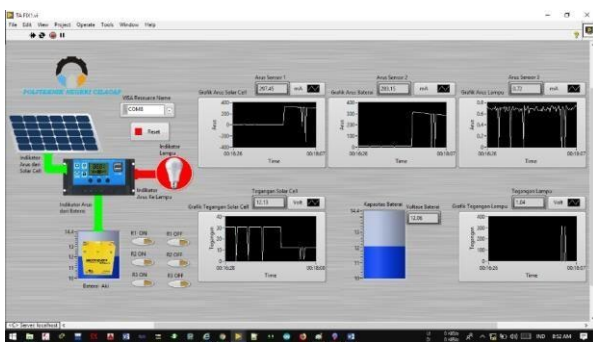
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon dari kendali relay menggunakan LabVIEW dengan menggunakan transmisi data secara *wireless*. Pada pengujian ini yang dilakukan adalah mengendalikan *on-off* relay pada LabVIEW dengan menggunakan transmisi *wireless*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kendali Relay

Relay	Kondisi	Delay
Relay 1	ON	5 detik
	OFF	6 detik
	ON	7 detik
	OFF	5 detik
	ON	9 detik



Relay 2	OFF	6 detik
	ON	6 detik
	OFF	5 detik
	ON	7 detik
Relay 3	OFF	6 detik
	ON	5 detik
	OFF	6 detik
Rata-rata delay		6.08 detik

Gambar 5. Palet Jendela *Front Panel*Gambar 6. Tampilan *Front Panel*

### 3) Pengujian *Front Panel*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *front panel* dapat diakses secara langsung dengan baik. Pada *front panel* dilakukan dengan cara menekan tombol *run continuously* pada palet bagian atas jendela *front panel*. yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pada *front panel* terdapat empat tombol yang digunakan untuk mengeksekusi VI yaitu *run*, *run continuously*, *abort execution* dan *pause*. Sebelum mengeksekusi VI sebaiknya mengecek terlebih dahulu *port serial* Arduino yang terhubung dengan komputer.

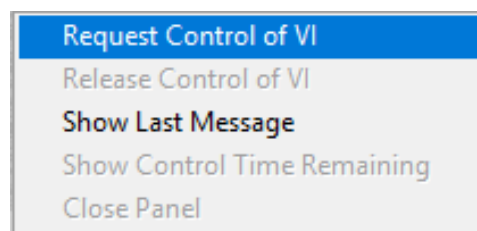
Saat VI mengeksekusi atau berjalan, tombol *run continuously* terjadi perubahan warna hitam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Ketika *front panel* telah dijalankan terdapat lima grafik dan satu indikator baterai yang menunjukkan arus dan tegangan yang terbaca pada ketiga sensor INA 219 dan terdapat enam tombol kendali relay yang dapat digunakan secara bergantian. Pada bagian kiri terdapat animasi ketika pada jalur kabel terdeteksi arus sebesar 1 mA akan berwarna hijau, dan ketika tidak ada arus akan berwarna merah. Pada bagian lampu juga akan berwarna merah ketika padam dan akan berwarna hijau ketika terdeteksi lampu menyala.

### 4) Pengujian Akses *Front Panel* Menggunakan *Web browser*

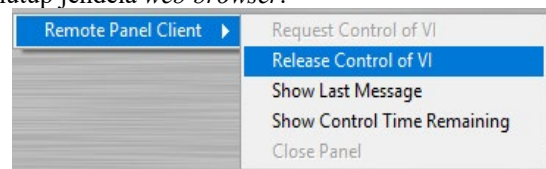
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *front panel* dapat diakses dan dikendalikan secara langsung dengan menggunakan *web browser* pada jaringan lokal. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan komputer client yang ke jaringan LAN. File VI harus dimuat atau

dijalankan dalam komputer server sebelum ada yang bisa melihatnya dari *web browser*. Kemudian ketik URL pada komputer yang akan mengakses VI melalui *web browser*. Untuk akhir URL tambahkan nama VI dengan ekstensi html. Masukkan tanda tambah atau %20 di URL untuk mewakili spasi dalam nama VI Anda.

Pada pengujian ini dilakukan pengaksesan file VI dengan nama TA FIX1.vi, dengan cara memasukkan alamat URL ke dalam web browser. Alamat URL yang dimaksud yaitu <http://192.168.0.2:80/TA%20FIX1.html>. URL tersebut mengasumsikan alamat IP dari web server adalah 192.168.0.2 dan 80 adalah port dari http. Tampilan *front panel* pada *web browser* akan tampak seperti Gambar 7. Untuk mengontrol VI melalui *web browser* lakukan klik kanan pada panel VI di *web browser* dan pilih *Request Control of VI* seperti pada Gambar 7.

Gambar 7. *Request Control of VI*

Jika tidak ada *client* lain yang mengontrol VI pesan muncul yang menunjukkan bahwa komputer *client* memiliki kontrol *front panel*. Jika ada *client* lain sudah mengendalikan VI, Web server mengirim pesan untuk mengantri permintaan sampai *client* lain melepaskan kontrol. Untuk memutuskan koneksi atau kontrol lakukan dengan klik kanan pada panel dan pilih *Release Control of VI* dari *Remote Panel* yang dapat dilihat pada Gambar 8. Atau dapat dilakukan dengan menutup jendela *web browser*.

Gambar 8. *Release Control of VI*

Ketika melakukan pengujian mengakses *front panel* melalui komputer *client* dengan *web browser*, tampilan *front panel* dari *web browser* terdapat *delay* 1 sampai 2 detik. Hal ini dikarenakan *web browser* membutuhkan waktu untuk memperbaharui data yang dikirim dari komputer *server*.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan dan pengujian sistem yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem monitoring berjalan baik. Penggunaan sensor INA 219 pada sistem ini memiliki rata-rata simpangan arus sebesar 1,85%. dan tegangan sebesar 0,49% sampai 0,75%. Simpangan tersebut terjadi karena faktor kualitas dari sensor alat pembanding juga memiliki simpangan. Pada pengujian koneksi XBee S2C diperoleh data jarak terjauh adalah 100-meter jika kedua perangkat

saling berhadapan tanpa adanya penghalang. Penyimpanan data hasil pengukuran sensor juga berjalan lancar dan data dapat disimpan dalam file microsoft excel. Pada uji *remote control front panel* melalui *web browser* memiliki delay 1 hingga 2 detik dikarenakan web membutuhkan waktu untuk memperbaharui data yang dikirim dari komputer server. Pada kondisi tidak ada sumber matahari, panel surya kapasitas 20 WP dapat digunakan untuk beban lampu 12 W selama 4 jam 53 menit dengan batas bawah tegangan baterai di setting pada nilai 11,3 V.

#### Daftar Pustaka

- [1] R. P. Dewi, F. Hazrina, and B. Widianingsih, "Optimalisasi Kapasitas Rooftop PV System Skala Rumah Tangga di Perumahan," *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 67–73, Jan. 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.937.
- [2] R. P. Dewi, N. Asma Ilahi, and E. Alimudin, "Perancangan PLTS Atap Gedung F Politeknik Negeri Cilacap Untuk Mendukung Konsep Green campus," in *Proceeding Technology of Renewable Energy and Development Conference 2, 2022*.
- [3] T. Kerdphol, Y. Matsukawa, M. Watanabe, and Y. Mitani, "Application of PMUs to monitor large-scale PV penetration infeed on frequency of 60 Hz Japan power system: A case study from Kyushu Island," *Electric Power Systems Research*, vol. 185, p. 106393, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106393.
- [4] R. Hidayatullah and S. Yatmono, "Sakral (Sistem Kendali Peralatan Listrik) Pada Rumah Tinggal Berbasis Teknologi Android," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, 2017, [Online]. Available: <http://journal.uny.ac.id/index.php/jee/169>
- [5] A. Julisman, I. D. Sara, R. H. Siregar, J. T. Elektro, and D. Komputer, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola," vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2017.
- [6] R. Prima Dewi *et al.*, "Aplikasi Nodemcu Esp8266 Dan Sensor Suhu Untuk Monitoring Suhu Permukaan Panel Surya Melalui Smartphone," *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 8, no. 2, pp. 53–58, 2023.
- [7] H. A. Abd el-Ghany, A. E. ELGebaly, and I. B. M. Taha, "A new monitoring technique for fault detection and classification in PV systems based on rate of change of voltage-current trajectory," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 133, p. 107248, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107248.
- [8] S. Saha *et al.*, "Diagnosis and mitigation of voltage and current sensors malfunctioning in a grid connected PV system," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 115, p. 105381, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105381.
- [9] A. Haffaf, F. Lakdja, D. Ould Abdeslam, and R. Meziane, "Monitoring, measured and simulated performance analysis of a 2.4 kWp grid-connected PV system installed on the Mulhouse campus, France," *Energy for Sustainable Development*, vol. 62, pp. 44–55, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.esd.2021.03.006.
- [10] D. Amarnath and S. Sujatha, "Intelligent monitoring and controlling of the PV using hybrid controller system," *Microprocess Microsyst*, vol. 80, p. 103619, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.micpro.2020.103619.
- [11] W. Priharti, S. Sumaryo, D. Kristina Silalahi, and Y. Surya Agung, "Perancangan Sistem Pemantauan Lokal dan Jarak Jauh bagi Panel Surya," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 16, no. 2, Aug. 2020, doi: 10.17529/jre.v16i2.16352.
- [12] D. Arus *et al.*, "Monitoring Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Oleh Sel Surya Berbasis Web Secara Online," *SKanika*, vol. 1, no. 3, 2018.
- [13] I. Gunawan, T. Akbar, and K. Anwar, "Prototipe Sistem Monitoring Tegangan Panel Surya (Solar Cell) Pada Lampu Penerang Jalan Berbasis Web Aplikasi," *Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 2, no. 2, pp. 70–78, 2019.
- [14] D. Gede, D. Pramana, I. Wayan, A. Wijaya, I. Made, and A. Suyadnya, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 328," *E-Journal Spektrum*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [15] M. A. Haz Fatahillah, Z. Saputra, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Lampu Taman Polmanbabel Menggunakan Panel Surya Berbasis IoT," in *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2022.