

BAB 4 ARSITEKTUR SISTEM PHOTOVOLTAIC

4.1. Arsitektur Sistem PV

Arsitektur sistem *photovoltaic* (PV) yang dirancang untuk penempatan sistem PV di daerah terpencil dimulai dengan identifikasi komponen utama yang diperlukan untuk sistem tersebut. Berdasarkan hasil survei lokasi, komponen PV yang dibutuhkan adalah 6 panel surya dengan kapasitas 200 WP masing-masing. Untuk mengatur aliran arus dan melindungi sistem, diperlukan dua unit *solar charge controller* (SCC) dengan kapasitas 12 V 60 A, serta baterai berkapasitas 8-unit 12 V 100 Ah untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem ini juga dilengkapi dengan satu unit inverter berkapasitas 12 V 6000 W yang digunakan untuk mengonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC), yang diperlukan untuk mengoperasikan peralatan seperti pompa air.

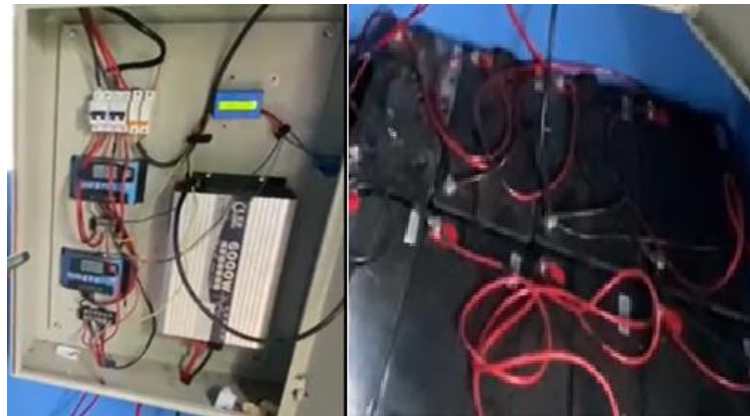
Panel surya dipasang pada atap bangunan dan dihubungkan dalam konfigurasi paralel untuk memastikan distribusi daya yang merata. Sistem ini dilengkapi dengan Miniature Circuit Breaker (MCB) yang berfungsi sebagai proteksi terhadap kemungkinan gangguan atau beban berlebih. Dari panel surya, arus mengalir melalui MCB dan menuju ke SCC yang mengatur pengisian baterai dengan menyesuaikan tegangan sesuai kapasitas baterai yang digunakan. Setelah baterai terisi, energi disalurkan ke inverter untuk diubah menjadi arus AC yang kemudian digunakan untuk menggerakkan pompa air, yang juga dilindungi dengan MCB untuk mencegah kerusakan akibat arus berlebih. Proses pengaturan dan pengaliran daya ini memastikan efisiensi sistem PV dalam menghasilkan dan menggunakan energi terbarukan secara optimal, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



(a) Susunan PV tampak atas



(b) Susunan PV tampak bawah



(c) Komponen Sistem PV

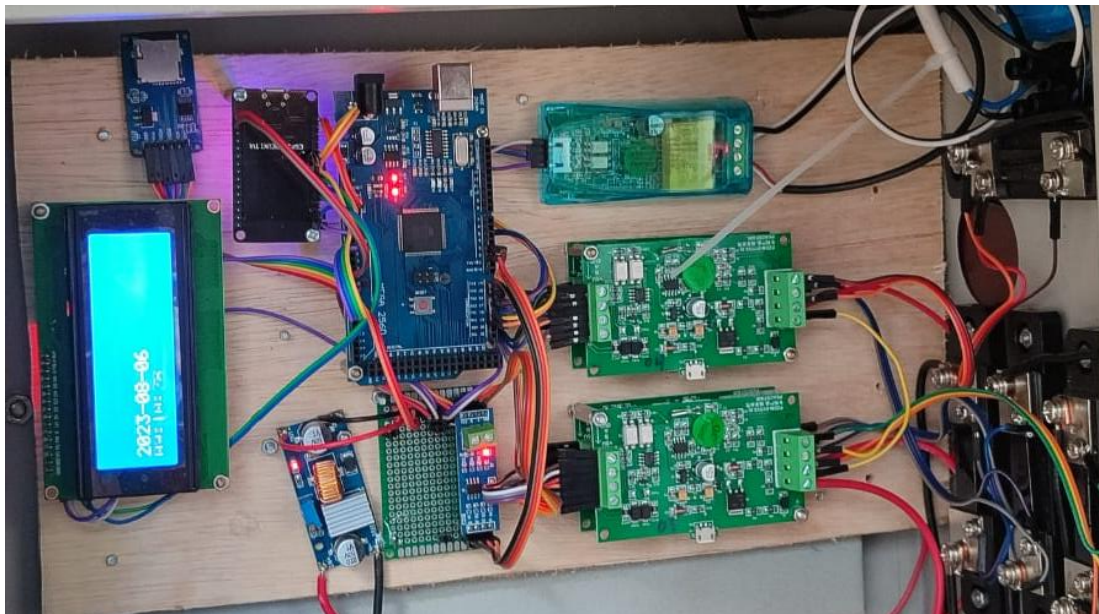
Gambar 4.1 Implementasi Sistem PV

4.2. Arsitektur IoT

Implementasi *internet of things* (IoT) pada sistem *photovoltaic* (PV) dilakukan untuk memonitor kinerja sistem secara real-time dengan menggunakan 10 sensor yang terintegrasi. Lima sensor digunakan untuk memonitor parameter lingkungan, sedangkan lima sensor lainnya digunakan untuk memonitor parameter sistem PV. Parameter lingkungan yang dipantau mencakup kecepatan angin, intensitas cahaya, hujan, suhu panel, dan suhu udara. Khusus untuk suhu panel, terdapat dua pengukuran, yaitu suhu pada bagian atas dan bagian bawah panel untuk memperoleh data yang lebih akurat mengenai kondisi panel surya.

Pada sisi sistem PV, parameter yang dimonitor termasuk variabel PV, solar charge controller (SCC), baterai, dan beban. Variabel PV terdiri dari tiga panel PV yang masing-masing memiliki dua bagian yang terhubung dalam konfigurasi paralel, di mana data yang tersimpan meliputi arus dan tegangan DC dengan entitas Pzem1 dan Pzem2. SCC memonitor data charge yang masuk ke baterai, dengan entitas Pzem3 menyimpan data arus dan tegangan DC charge. Selanjutnya, variabel baterai memonitor arus dan tegangan DC pada proses discharge, yang terhubung ke inverter dan disimpan dalam entitas Pzem4. Sedangkan, variabel beban mengukur keluaran dari inverter dalam bentuk arus dan tegangan AC yang disimpan dalam entitas Pzem5.

Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor ini disimpan dalam format yang dapat diakses melalui website dan dapat diunduh dalam format CSV dan JSON. Dengan demikian, sistem IoT yang dikembangkan memungkinkan pemantauan secara efisien dan akurat terhadap kondisi operasional sistem PV, serta memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengakses dan menganalisis data yang tersimpan. Implementasi IoT juga mencakup penggunaan datalogger dan tampilan 20x4 LCD untuk menampilkan data secara langsung, memberikan visualisasi yang jelas tentang kinerja sistem dalam setiap waktu. Implementasi IoT pada sistem PV dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Implementasi IoT pada Sistem PV

Untuk monitoring data dari sistem berbasis IoT menggunakan adafruit.com. Unduhan data CSV dengan akun "febya81" melalui platform adafruit.com dapat diunduh berhubungan dengan sensor "pzemi" yang digunakan dalam sistem monitoring IoT pada sistem PV. Sebagai contoh sistem mencatat tiga kali unduhan, dengan setiap unduhan mencatat deskripsi, tanggal dan waktu mulai dan selesai, serta ukuran file yang diunduh dalam kilobyte (KB). Data pertama diunduh pada 11 September 2023 dengan ukuran file 6.86 KB, data kedua pada 23 Juli 2023 dengan ukuran file 45.9 KB, dan data ketiga pada 5 April 2023 dengan ukuran file 75 KB, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.

New Feed

New Group

Default

+

...

Feed Name	Key	Last value	Recorded	
☐ angin	angin	0.00	1 day ago	
☐ cahaya	cahaya	22.51	1 day ago	
☐ hujan	hujan	1	1 day ago	
☐ pzem1	pzem1	14.17,5.38	1 day ago	
☐ pzem2	pzem2	20.30,0.02	1 day ago	
☐ pzem3	pzem3	13.49,0.00	1 day ago	
☐ pzem4	pzem4	13.49,0.04	1 day ago	
☐ pzem5	pzem5	nan,0.00	1 day ago	
☐ suhu_panel	suhu-panel	29.31,30.75	1 day ago	
☐ suhu_udara	suhu-udara	29.90,80.50	1 day ago	

Link *	Description	Started	Completed	Size
Link	pzem1 CSV requested by febya81	September 11th 2023, 10:19AM	September 11th 2023, 10:19AM	6.86 KB
Link	pzem1 CSV requested by febya81	July 23rd 2023, 10:12PM	July 23rd 2023, 10:12PM	45.9 KB
Link	pzem1 CSV requested by febya81	April 5th 2023, 11:34AM	April 5th 2023, 11:34AM	75 KB

To get fresh links or update the status of your download: [Click to Refresh](#)

* Download links expire one minute after refreshing.

Last updated at 2:25:16AM

Gambar 4.3 Monitoring IoT dengan Adafruit.com

Penelitian ini menggunakan berbagai jenis sensor untuk mengukur sejumlah parameter lingkungan dan sistem photovoltaic (PV). Lima sensor digunakan untuk

memantau parameter lingkungan, antara lain intensitas matahari, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, suhu panel atas, suhu panel bawah, dan sensor hujan. Sementara itu, untuk parameter sistem PV, lima sensor digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada panel, arus-tegangan charge dan discharge baterai, serta arus-tegangan beban pada inverter. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor tersebut kemudian dikirimkan secara wireless ke server awan melalui protokol IoT dan disajikan secara visual menggunakan platform Adafruit. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi IoT yang sederhana, terjangkau, dan efisien untuk memonitor data listrik dan kondisi lingkungan dari sistem PV, dengan pemilihan sensor dan perangkat keras yang ekonomis namun tetap memberikan data yang akurat. Arduino Mega dipilih sebagai pusat pengendali utama dalam sistem akuisisi data karena keunggulannya dalam harga terjangkau, konsumsi daya rendah, serta kinerja komputasi yang tinggi dan banyak port input/output. Sistem ini menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE yang mudah dipahami, dengan platform IoT sumber terbuka seperti Adafruit sebagai basis data dan untuk visualisasi data dengan grafik dan dasbor interaktif. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan cadangan data offline melalui modul RTC dan MicroSD, serta layar LCD 20x4 untuk tampilan monitoring manual, menjamin sistem tetap berfungsi meskipun data daring tidak tersedia. Detail komponen parameter yang digunakan pada komponen IoT dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Komponen Parameter IoT

Parameter	Komponen	Unit	Fungsi
Lingkungan	Light Intensity BH1750	1	intensitas radiasi matahari
	DHT22	1	Suhu udara dan kelembaban
	Anemometer	1	Kecapatan angin
	<i>Raindrop</i>	1	Hujan
	<i>water proof temperature</i>	1	Suhu panel
	DS18B20	2	

Parameter	Komponen	Unit	Fungsi
Sistem PV	Solar Panel 50Wp	6	Photovoltaic
	PWM Solar Charge Controller	2	Pengontrol pengisian daya
	12V battery	1	Sistem cadangan energi
	Inverter	1	Beban sistem
	PZEM-017 0-300V RS485 Modbus DC	4	Sensor arus-tegangan DC
	PZEM-004T CT Sensor AC	1	Sensor arus-tegangan DC
Sisten Kontrol	Arduino Mega	1	Mikrokontroler
	ESP8266	1	Wifi
	MicroSD Shield	1	penyimpanan
	RTC module shield	1	Referensi waktu pencatat data
	LCD 20x4	1	Tampilan layar

Pemantauan parameter lingkungan dan sistem photovoltaic (PV) berbasis Internet of Things (IoT) dimulai dengan mendefinisikan sensor-sensor yang digunakan untuk memantau parameter lingkungan dan sistem PV. Setelah itu, proses pengolahan dilakukan menggunakan board Arduino Mega yang diprogram dengan aplikasi Arduino IDE. Konfigurasi MQTT pada platform Adafruit digunakan untuk menghubungkan perangkat dengan server cloud dan memungkinkan komunikasi data secara real-time. Selanjutnya, sistem memeriksa ketersediaan koneksi Wi-Fi untuk memastikan komunikasi data dapat dilakukan. Jika koneksi Wi-Fi tersedia, pengendali akan mulai membaca data dari seluruh sensor yang terpasang, yang mencakup parameter lingkungan dan sistem PV. Data yang terkumpul kemudian akan ditulis dan disimpan dalam modul kartu SD (datalogger) untuk penyimpanan lokal. Selain itu, dengan menggunakan gateway Wi-Fi ESP8266, data yang telah dikumpulkan akan dikirimkan ke server cloud untuk pemantauan jarak jauh. Proses ini terus berlanjut selama perangkat tetap aktif, memungkinkan pemantauan berkelanjutan terhadap kondisi sistem PV dan lingkungan.

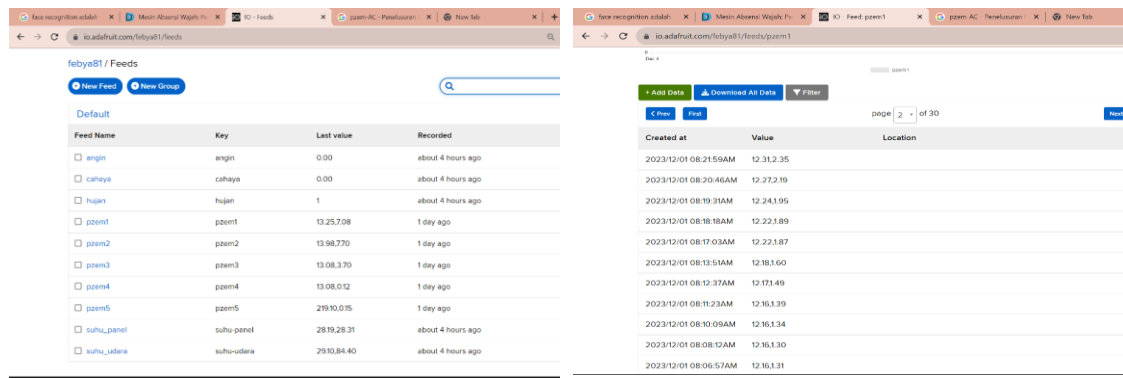
4.3. Sensor Sistem PV

Monitoring data sistem photovoltaic (PV) dilakukan dengan memantau dua parameter utama, yaitu arus dan tegangan, yang ditempatkan pada empat lokasi berbeda dalam sistem PV. Di lokasi pertama, dua sensor PZEM-017 Modbus DC dipasang pada modul

PV untuk memantau arus dan tegangan pada panel surya. Pada lokasi kedua, sensor digunakan untuk memantau proses pengisian baterai (*charging*), di mana sensor PZEM-017 Modbus DC dipasang pada input baterai. Lokasi ketiga, sensor dipasang pada output baterai sebelum inverter untuk memantau proses pengeluaran daya dari baterai (*discharging*). Di lokasi keempat, sensor PZEM-004T CT Sensor AC dipasang pada keluaran inverter ke beban untuk memonitor beban yang terhubung ke sistem. Data yang terkumpul dari seluruh sensor ini disimpan dalam dua cara: pertama, melalui Internet of Things (IoT) menggunakan aplikasi Adafruit.com untuk pemantauan jarak jauh secara real-time, dan kedua, menggunakan data logger yang menyimpan data langsung dalam memori untuk cadangan lokal.

4.3.1. Data PV

Pengukuran data PV menggunakan sensor PZEM-017 0-300V RS485 Modbus DC. Data dimonitoring dengan menggunakan aplikasi adafruit.com dalam lentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database dengan 2 entitas PZEM1 dan PZEM2 pada sistem adafruit. Data arus (Amper, A) dan tegangan (Volt, V) disimpan yang dilengkapi dengan satuan waktu, tanggal bulan, tahun, jam, menit dan detik. Proses monitoring dapat PV dapat dilihat pada Gambar 4.5.



The image shows two screenshots of the Adafruit Feeds web interface. The left screenshot displays a list of feeds under the 'Default' group. The right screenshot shows a detailed view of the 'pzem1' feed, displaying a table of recorded data points.

Feed Name	Key	Last value	Recorded
☐ angin	angin	0.00	about 4 hours ago
☐ cahaya	cahaya	0.00	about 4 hours ago
☐ hujan	hujan	1	about 4 hours ago
☐ pzem1	pzem1	13.257.08	1 day ago
☐ pzem2	pzem2	13.987.70	1 day ago
☐ pzem3	pzem3	13.083.70	1 day ago
☐ pzem4	pzem4	13.080.12	1 day ago
☐ pzem5	pzem5	219.10.015	1 day ago
☐ suhu_panel	suhu_panel	28.19.28.31	about 4 hours ago
☐ suhu_selena	suhu_selena	29.10.84.40	about 4 hours ago

Created at	Value	Location
2023/12/01 08:21:59AM	12.312.35	
2023/12/01 08:20:46AM	12.272.19	
2023/12/01 08:19:31AM	12.241.95	
2023/12/01 08:18:18AM	12.221.89	
2023/12/01 08:17:03AM	12.221.87	
2023/12/01 08:15:11AM	12.181.60	
2023/12/01 08:12:37AM	12.171.49	
2023/12/01 08:11:23AM	12.161.39	
2023/12/01 08:10:09AM	12.161.34	
2023/12/01 08:08:12AM	12.161.30	
2023/12/01 08:06:57AM	12.161.31	

The image displays two screenshots of Microsoft Excel spreadsheets used for monitoring PV data. Both spreadsheets have a green header bar with the following tabs: File, Home, Insert, Page Layout, Formulas, Data, Review, View, Developer, and Help.

The left spreadsheet, titled 'pzem2-20231129-2348', shows a list of PV modules with columns A through K. The data includes module IDs, values, and timestamps. The right spreadsheet, titled 'pzem1-20231129-2347', shows a similar list of PV modules with columns A through G. The data includes module IDs, values, and timestamps.

ID	Value	Created At	UTC
727 OFF3WVNZ	12.93	3.43	11/29/2023 2:37:09 UTC
728 OFF3WPKL	12.94	3.56	11/29/2023 2:38:14 UTC
729 OFF3X6GC	13.07	4.3	11/29/2023 3:06:02 UTC
730 OFF3X7469	13.09	4.39	11/29/2023 3:07:07 UTC
731 OFF3X7RUS	13.12	4.52	11/29/2023 3:08:14 UTC
732 OFF3X8CEI	13.25	4.57	11/29/2023 3:09:19 UTC
733 OFF3X90TI	13.27	4.55	11/29/2023 3:10:26 UTC
734 OFF3X9MP	13.23	4.51	11/29/2023 3:11:31 UTC
735 OFF3XA94	13.26	4.54	11/29/2023 3:12:38 UTC
736 OFF3XAYYI	13.14	4.62	11/29/2023 3:13:49 UTC
737 OFF3XB89H	13.14	4.64	11/29/2023 3:14:56 UTC
738 OFF3XC72X	13.21	4.51	11/29/2023 3:16:01 UTC
739 OFF3XCVEL	13.07	4.31	11/29/2023 3:17:07 UTC
740 OFF3XDFA	13.07	4.38	11/29/2023 3:18:12 UTC
741 OFF3XE3M	13.13	4.62	11/29/2023 3:19:19 UTC
742 OFF3XEQJG	13.17	4.78	11/29/2023 3:20:24 UTC
743 OFF3XFCAI	13.33	4.9	11/29/2023 3:21:32 UTC
744 OFF3XH1T	13.27	5.32	11/29/2023 3:24:28 UTC
745 OFF3XJDS	13.46	5.68	11/29/2023 3:26:49 UTC
746 OFF3XKA2I	13.32	5.72	11/29/2023 3:28:24 UTC
747 OFF3XKVJ4	13.32	5.75	11/29/2023 3:29:22 UTC
748 OFF3XMFH	13.33	5.81	11/29/2023 3:30:27 UTC
749 OFF3XN3M	13.33	5.83	11/29/2023 3:31:34 UTC
750 OFF3XNQIT	13.3	5.73	11/29/2023 3:32:39 UTC
751 OFF3XPC8	13.28	5.64	11/29/2023 3:33:46 UTC
752 OFF3XQ0K	13.28	5.64	11/29/2023 3:34:51 UTC

Gambar 4.4 Monitoring Data PV

4.3.2. Data Charge Baterai

Pengukuran data charge baterai menggunakan sensor PZEM-017 0-300V RS485 Modbus DC. Data dimonitoring dengan menggunakan aplikasi adafruit.com dalam lentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database entitas PZEM3 pada sistem adafruit. Data arus (Amper, A) dan tegangan (Volt, V) disimpan yang dilengkapi dengan satuan waktu, tanggal bulan, tahun, jam, menit dan detik, terlihat pada Gambar 4.25. Data dapat didownload dalam format CSV dan JSON, terlihat pada Gambar 4.6.

Created at	Value
2023/12/03 08:36:23AM	13.08,3.70
2023/12/03 08:35:06AM	12.93,2.91
2023/12/03 08:33:49AM	12.93,2.72
2023/12/03 08:32:32AM	13.36,5.36
2023/12/03 08:31:15AM	13.37,5.46
2023/12/03 08:29:59AM	13.24,5.23
2023/12/03 08:28:45AM	13.30,5.18
2023/12/03 08:27:30AM	12.81,2.46
2023/12/03 08:24:32AM	12.67,0.00
2023/12/03 08:23:17AM	12.54,0.00
2023/12/03 08:19:40AM	12.37,0.00
2023/12/03 08:18:26AM	12.54,0.00

id	value	created_at
OFEVTD47	13.82	11/19/2023
OFEVTDGE	14.13	11/19/2023
OFEVTE1V	14.32	11/19/2023
OFEVTEE8	14.41	11/19/2023
OFEVTEZJR	14.52	11/19/2023
OFEVTFBT	14.55	11/19/2023
OFEVTFWZ	13.52	0 11/19/2023
OFEVTG98	14.54	1.64 11/19/2023
OFEVTGV8	14.48	1.86 11/19/2023
OFEVTH7G	13.58	0 11/19/2023
OFEVTHS9	13.58	0 11/19/2023
OFEVTJ5F1	13.49	0 11/19/2023
OFF2AJZRM	12.82	3.79 11/27/2023
OFF2AKBTI	13.33	3.9 11/27/2023
OFF2AKXCI	13.03	3.93 11/27/2023
OFF2AP2PJ	12.74	3.7 11/27/2023
OFF2APME	12.81	4.13 11/27/2023
OFF2AQ66	12.85	4.13 11/27/2023
OFF2AQRO	12.82	3.8 11/27/2023
OFF2AR9V	12.63	2.78 11/27/2023
OFF2ARVE	12.53	2.69 11/27/2023
OFF2ASXF4	12.44	2.67 11/27/2023
OFF2ATEG	12.4	2.64 11/27/2023
OFF2AVOE	12.36	2.61 11/27/2023
OFF2AVI2F	12.34	2.73 11/27/2023

Gambar 4.5 Monitoring Data Charge Baterai

4.3.3. Data Dischage Baterai

Pengukuran data discharge baterai menggunakan sensor PZEM-017 0-300V RS485 Modbus DC. Data dimonitoring dengan menggunakan aplikasi adafruit.com dalam lentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database entitas PZEM4 pada sistem adafruit. Data arus (Amper, A) dan tegangan (Volt, V) disimpan yang dilengkapi dengan satuan waktu, tanggal bulan, tahun, jam, menit dan detik. Data dapat didownload dalam format CSV dan JSON, terlihat pada Gambar 4.7.

The left screenshot shows the Adafruit IO interface for feed 'pzem4'. It displays a table with columns 'Created at' and 'Value'. The right screenshot shows the CSV data exported to Excel, with columns A through F. The data includes a unique ID, a numerical value, and a timestamp in UTC.

Created at	Value
2023/12/03 08:36:23AM	13.08,0.12
2023/12/03 08:35:06AM	12.92,0.12
2023/12/03 08:33:49AM	12.92,0.12
2023/12/03 08:32:32AM	13.33,0.13
2023/12/03 08:31:15AM	13.33,0.12
2023/12/03 08:29:59AM	13.23,0.12
2023/12/03 08:28:45AM	13.27,0.12
2023/12/03 08:27:30AM	12.80,0.12
2023/12/03 08:24:32AM	12.67,0.11
2023/12/03 08:23:17AM	12.53,0.11
2023/12/03 08:19:40AM	12.36,0.11
2023/12/03 08:18:26AM	12.54,0.11

A	B	C	D	E	F	G
1	id	value	created_at			ele
2	OFFVTD47	13.68	0.05	11/19/2023	1:53:16 UTC	
3	OFFVTDGE	14.1	0.05	11/19/2023	1:53:56 UTC	
4	OFFVTE1T	14.28	0.04	11/19/2023	1:54:53 UTC	
5	OFFVTEE8	14.38	0.04	11/19/2023	1:55:34 UTC	
6	OFFVTEZJR	14.48	0.04	11/19/2023	1:56:31 UTC	
7	OFFVTFBT	14.51	0.04	11/19/2023	1:57:11 UTC	
8	OFFVTFWY	13.52	0.04	11/19/2023	1:58:07 UTC	
9	OFFVTG98	14.5	0.04	11/19/2023	1:58:47 UTC	
10	OFFVTGV8	14.48	0.04	11/19/2023	1:59:46 UTC	
11	OFFVTH7G	13.92	0.04	11/19/2023	2:00:27 UTC	
12	OFFVTHS9	13.56	0.04	11/19/2023	2:01:25 UTC	
13	OFFVTJ5F1	13.49	0.04	11/19/2023	2:02:05 UTC	
14	OFF2AJZRS	12.83	0	11/27/2023	3:55:43 UTC	
15	OFF2AKBTI	13.29	0	11/27/2023	3:56:23 UTC	
16	OFF2AKXC	13	0	11/27/2023	3:57:20 UTC	
17	OFF2AP2PI	12.72	0	11/27/2023	4:01:07 UTC	
18	OFF2APME	12.79	0	11/27/2023	4:02:05 UTC	
19	OFF2AQ66	12.83	0	11/27/2023	4:03:04 UTC	
20	OFF2AQR0	12.8	0	11/27/2023	4:04:02 UTC	
21	OFF2AR9W	12.61	0	11/27/2023	4:05:01 UTC	
22	OFF2ARVE	12.52	0	11/27/2023	4:05:58 UTC	
23	OFF2ASXF	12.43	0	11/27/2023	4:07:50 UTC	
24	OFF2ATEG	12.39	0	11/27/2023	4:08:45 UTC	
25	OFF2AV0EI	12.35	0	11/27/2023	4:09:44 UTC	
26	OFF2AV12	12.33	0	11/27/2023	4:10:42 UTC	

Gambar 4.6 Monitoring Data Discharge Baterai

4.3.4. Data Beban

Pengukuran data charge baterai menggunakan sensor PZEM-004T CT Sensor AC. Data dimonitoring dengan menggunakan aplikasi adafruit.com dalam lentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database entitas PZEM5 pada sistem adafruit. Data arus (Amper, A) dan tegangan (Volt, V) disimpan yang dilengkapi dengan satuan waktu, tanggal bulan, tahun, jam, menit dan detik. Data dapat didownload dalam format CSV dan JSON, terlihat pada Gambar 4.8.

The left screenshot shows the Adafruit IO interface for feed 'pzem5'. It displays a table with columns 'Created at', 'Value', and 'Location'. The right screenshot shows the CSV data exported to Excel, with columns A through G. The data includes a unique ID, a numerical value, and a timestamp in UTC.

Created at	Value	Location
2023/12/03 08:36:23AM	219.10,0.15	
2023/12/03 08:35:06AM	219.10,0.15	
2023/12/03 08:33:49AM	219.10,0.15	
2023/12/03 08:32:32AM	218.60,0.15	
2023/12/03 08:31:15AM	218.80,0.15	
2023/12/03 08:29:59AM	219.00,0.15	
2023/12/03 08:28:45AM	219.20,0.15	
2023/12/03 08:27:30AM	221.00,0.16	
2023/12/03 08:24:32AM	220.20,0.15	
2023/12/03 08:23:17AM	221.60,0.16	
2023/12/03 08:19:40AM	220.60,0.15	
2023/12/03 08:18:26AM	220.50,0.15	

A	B	C	D	E	F	G
28	OFF2AWNI	220.4	0.16	11/27/2023	4:12:38 UTC	
29	OFF2AY6M	220.6	0.16	11/27/2023	4:15:19 UTC	
30	OFF2AYRA	220.7	0.16	11/27/2023	4:16:17 UTC	
31	OFF2AZA4I	220.6	0.16	11/27/2023	4:17:15 UTC	
32	OFF2AZVEI	220.5	0.16	11/27/2023	4:18:12 UTC	
33	OFF2B0DE	220.5	0.16	11/27/2023	4:19:11 UTC	
34	OFF2B0YTK	220.5	0.16	11/27/2023	4:20:08 UTC	
35	OFF2B1GT	220.7	0.16	11/27/2023	4:21:07 UTC	
36	OFF2B398	220.7	0.16	11/27/2023	4:24:12 UTC	
37	OFF2B3V8	220.7	0.16	11/27/2023	4:25:11 UTC	
38	OFF2C6NQ	222.7	0.16	11/27/2023	5:26:03 UTC	
39	OFF2C77Q	221.7	0.16	11/27/2023	5:27:02 UTC	
40	OFF2C7S0	221.3	0.16	11/27/2023	5:27:58 UTC	
41	OFF2C8AZI	221.1	0.16	11/27/2023	5:28:57 UTC	
42	OFF2CBVV	221.4	0.16	11/27/2023	5:35:07 UTC	
43	OFF2CCDH	220.6	0.16	11/27/2023	5:36:05 UTC	
44	OFF2CCZBI	220.4	0.15	11/27/2023	5:37:03 UTC	
45	OFF2CDH9	220.3	0.15	11/27/2023	5:38:02 UTC	
46	OFF2CE2S	220.2	0.15	11/27/2023	5:39:00 UTC	
47	OFF2CEMS	220.1	0.15	11/27/2023	5:39:59 UTC	
48	OFF2CF6N	220.1	0.15	11/27/2023	5:40:57 UTC	
49	OFF2CFWE	220.3	0.15	11/27/2023	5:42:08 UTC	
50	OFF2CGDX	220.3	0.15	11/27/2023	5:43:06 UTC	
51	OFF2CGZX	220.3	0.15	11/27/2023	5:44:05 UTC	
52	OFF2CHHC	220.3	0.15	11/27/2023	5:45:02 UTC	
53	OFF2C13FC	220.5	0.16	11/27/2023	5:46:01 UTC	

Gambar 4.7 Monitoring Data Beban

4.4. Sensor Lingkungan

Monitoring data lingkungan pada sistem PV dilakukan dengan memantau lima variabel penting, yaitu kecepatan angin, intensitas cahaya, curah hujan, suhu panel, dan suhu udara. Data yang diperoleh dari pemantauan ini disimpan melalui dua metode. Pertama, melalui Internet of Things (IoT), data dikirim dan dipantau secara real-time menggunakan aplikasi Adafruit.com, yang memungkinkan akses jarak jauh untuk pemantauan kondisi lingkungan. Kedua, data juga disimpan secara lokal melalui data logger yang menyimpan informasi dalam memori internal, yang berguna sebagai cadangan ketika koneksi internet tidak tersedia.

4.4.1. Data Kecepatan Angin

Pengukuran data kecepatan angin menggunakan sensor Anemometer. Data dimonitor dengan penggunaan aplikasi Adafruit.com dalam rentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database dengan entitas angin pada sistem adafruit. Data kecepatan angin yang tersimpan dalam ukuran m/s yang dilengkapi dengan satuan waktu tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan detik. Data dapat didownload dalam format CSV dan JSON, terlihat pada Gambar 4.9.

2023/11/28 12:34:31PM	0.75
2023/11/28 12:33:59PM	1.16
2023/11/28 12:33:28PM	0.85
2023/11/28 12:32:58PM	0.25
2023/11/28 12:32:30PM	0.15
2023/11/28 12:30:24PM	0.10
2023/11/28 12:29:53PM	0.30
2023/11/28 12:29:23PM	0.40
2023/11/28 12:28:53PM	1.01
2023/11/28 12:28:23PM	0.25
2023/11/28 12:27:53PM	0.20
2023/11/28 12:27:05PM	0.05
2023/11/28 12:26:34PM	0.10
2023/11/28 12:26:04PM	0.10
2023/11/28 12:25:34PM	0.40
2023/11/28 12:18:42PM	0.05

1	id	value	feed_id	created_at	element
10	OFF2C6X9	0.1	2495875	11/27/2023 5:26:28 UTC	
11	OFF2C77Q	0.1	2495875	11/27/2023 5:27:02 UTC	
12	OFF2C7FK	0.1	2495875	11/27/2023 5:27:28 UTC	
13	OFF2C750	0.1	2495875	11/27/2023 5:27:58 UTC	
18	OFF2CA24	0.25	2495875	11/27/2023 5:31:58 UTC	
20	OFF2CAME	0.1	2495875	11/27/2023 5:32:57 UTC	
21	OFF2CAXD	0.2	2495875	11/27/2023 5:33:27 UTC	
22	OFF2CB6K	0.1	2495875	11/27/2023 5:33:57 UTC	
25	OFF2CC25	0.35	2495875	11/27/2023 5:35:28 UTC	
29	OFF2CD6W	0.1	2495875	11/27/2023 5:37:28 UTC	
30	OFF2CDG7	0.2	2495875	11/27/2023 5:37:59 UTC	
31	OFF2CDSH	0.2	2495875	11/27/2023 5:38:29 UTC	
32	OFF2CE2H	0.1	2495875	11/27/2023 5:38:59 UTC	
33	OFF2CEBQ	0.1	2495875	11/27/2023 5:39:29 UTC	
35	OFF2CEY1	0.1	2495875	11/27/2023 5:40:29 UTC	
38	OFF2CFSD	0.2	2495875	11/27/2023 5:41:59 UTC	
39	OFF2CG2K	0.1	2495875	11/27/2023 5:42:29 UTC	
44	OFF2CJPF	0.1	2495875	11/27/2023 5:47:04 UTC	
45	OFF2CJZF	0.25	2495875	11/27/2023 5:47:33 UTC	
46	OFF2CK8K	0.2	2495875	11/27/2023 5:48:03 UTC	
50	OFF2CP2H	0.2	2495875	11/27/2023 5:52:58 UTC	
52	OFF2CPMS	0.1	2495875	11/27/2023 5:53:57 UTC	
53	OFF2CPY1	0.25	2495875	11/27/2023 5:54:28 UTC	
54	OFF2CQ75	0.2	2495875	11/27/2023 5:54:58 UTC	
58	OFF2CTIV	0.1	2495875	11/27/2023 6:00:50 UTC	

Gambar 4.8 Monitoring Data Kecepatan Angin

4.4.2. Data Intensitas Cahaya

Pengukuran data intensitas cahaya menggunakan sensor Light Intensity BH1750. Data dimonitor dengan penggunaan aplikasi Adafruit.com dalam rentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database dengan entitas cahaya pada sistem adafruit. Data intensitas cahaya yang tersimpan dalam satuan WP yang dilengkapi dengan satuan waktu tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan detik, terlihat pada Gambar 4.10.

2023/11/29 04:29:53PM	38.85	1	id	value	feed_id	created_at	
2023/11/29 04:29:23PM	38.54	560	OFF32EV1F	431.44	2495874	11/28/2023	2:10:39 UTC
2023/11/29 04:28:53PM	40.82	561	OFF32F4ZC	431.44	2495874	11/28/2023	2:11:11 UTC
2023/11/29 04:28:23PM	40.66	562	OFF32FDC	431.44	2495874	11/28/2023	2:11:39 UTC
2023/11/29 04:27:53PM	39.61	563	OFF32FPHV	391.93	2495874	11/28/2023	2:12:09 UTC
2023/11/29 04:27:22PM	42.32	579	OFF32PEDI	426.23	2495874	11/28/2023	2:23:56 UTC
2023/11/29 04:26:52PM	41.90	581	OFF32Q0Q	430.5	2495874	11/28/2023	2:24:56 UTC
2023/11/29 04:26:23PM	43.58	582	OFF32Q9V	431.44	2495874	11/28/2023	2:25:26 UTC
2023/11/29 04:25:53PM	43.00	583	OFF32QK1	431.44	2495874	11/28/2023	2:25:56 UTC
2023/11/29 04:25:22PM	42.03	584	OFF32QW5	431.44	2495874	11/28/2023	2:26:26 UTC
2023/11/29 04:24:52PM	44.48	585	OFF32R59I	431.44	2495874	11/28/2023	2:26:56 UTC
2023/11/29 04:24:22PM	43.86	587	OFF32RQN	431.44	2495874	11/28/2023	2:27:56 UTC
2023/11/29 04:23:53PM	45.44	588	OFF32S0SV	431.44	2495874	11/28/2023	2:28:26 UTC
2023/11/29 04:23:23PM	44.73	590	OFF32SK3V	431.44	2495874	11/28/2023	2:29:26 UTC
2023/11/29 04:22:53PM	46.18	597	OFF32VKG	431.44	2495874	11/28/2023	2:32:57 UTC
2023/11/29 04:22:23PM	46.75	598	OFF32VWF	431.44	2495874	11/28/2023	2:33:27 UTC
		599	OFF32W5X	431.44	2495874	11/28/2023	2:33:58 UTC
		600	OFF32WEY	431.44	2495874	11/28/2023	2:34:27 UTC
		601	OFF32X15I	431.44	2495874	11/28/2023	2:35:27 UTC
		602	OFF32XABI	431.44	2495874	11/28/2023	2:35:57 UTC
		603	OFF32XKSF	431.44	2495874	11/28/2023	2:36:28 UTC
		604	OFF32XWFI	431.44	2495874	11/28/2023	2:36:57 UTC
		607	OFF33DMY	431.44	2495874	11/28/2023	3:04:29 UTC
		608	OFF33DY3I	431.44	2495874	11/28/2023	3:04:59 UTC
		609	OFF33E77S	431.44	2495874	11/28/2023	3:05:29 UTC
		611	OFF33ESOI	431.44	2495874	11/28/2023	3:06:30 UTC

Gambar 4.9 Data Monitoring Intensitas Cahaya

4.4.3. Data Curah Hujan

Pengukuran data curah hujan menggunakan sensor *raindrop*. Data dimonitor dengan penggunaan aplikasi adafruit.com dalam rentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database dengan entitas hujan pada sistem adafruit. *Output* analog *raindrop* sensor digunakan untuk melakukan pendeteksian hujan, dengan kondisi nilai output sensor tinggi pada saat tidak mendeteksi hujan, sedangkan pada saat sensor mendeteksi hujan, nilai output sensor rendah yang dilengkapi dengan satuan waktu tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan detik. Data dapat didownload dalam format CSV dan JSON, terlihat pada Gambar 4.11.

The image shows two side-by-side screenshots. The left screenshot is a web browser view of the Adafruit IO dashboard at the URL `io.adafruit.com/febya81/feeds/hujan`. It displays a table with two columns: 'Created at' and 'Value'. The right screenshot shows an Excel spreadsheet with the same data exported as a CSV file, with columns A through G.

Created at	Value
2023/12/01 06:32:08PM	1
2023/12/01 06:31:38PM	1
2023/12/01 06:31:08PM	1
2023/12/01 06:30:38PM	1
2023/12/01 06:30:08PM	1
2023/12/01 06:29:38PM	1
2023/12/01 06:29:08PM	1
2023/12/01 06:28:38PM	1
2023/12/01 06:28:08PM	1
2023/12/01 06:27:38PM	1
2023/12/01 06:24:32PM	1
2023/12/01 06:24:02PM	1
2023/12/01 06:23:32PM	1
2023/12/01 06:23:02PM	1

A	B	C	D	E	F	G
1722	OFF4543ZC	1	2495913	11/29/2023	10:29:15 UTC	
1723	OFF454D3I	1	2495913	11/29/2023	10:29:45 UTC	
1724	OFF454P9S	1	2495913	11/29/2023	10:30:15 UTC	
1725	OFF454ZD0	1	2495913	11/29/2023	10:30:45 UTC	
1726	OFF4558K0	1	2495913	11/29/2023	10:31:15 UTC	
1727	OFF455HS3	1	2495913	11/29/2023	10:31:45 UTC	
1728	OFF4JG4AI	0	2495913	11/29/2023	22:57:15 UTC	
1729	OFF4JGDM	0	2495913	11/29/2023	22:57:46 UTC	
1730	OFF4JGPTJ	1	2495913	11/29/2023	22:58:16 UTC	
1731	OFF4JGZYH	1	2495913	11/29/2023	22:58:46 UTC	
1732	OFF4JH94M	1	2495913	11/29/2023	22:59:16 UTC	
1733	OFF4JHJ8H	1	2495913	11/29/2023	22:59:46 UTC	
1734	OFF4JHVEH	1	2495913	11/29/2023	23:00:16 UTC	
1735	OFF4JJCWI	0	2495913	11/29/2023	23:01:13 UTC	
1736	OFF4JJPOK	1	2495913	11/29/2023	23:01:43 UTC	
1737	OFF4JJZ8T	1	2495913	11/29/2023	23:02:13 UTC	
1738	OFF4JK8CR	1	2495913	11/29/2023	23:02:43 UTC	
1739	OFF4JKHJE	1	2495913	11/29/2023	23:03:13 UTC	
1740	OFF4JKTPJ	1	2495913	11/29/2023	23:03:43 UTC	
1741	OFF4JN14V	0	2495913	11/29/2023	23:05:49 UTC	
1742	OFF4JNA8K	0	2495913	11/29/2023	23:06:19 UTC	
1743	OFF4JNKEE	0	2495913	11/29/2023	23:06:49 UTC	
1744	OFF4JNWN	0	2495913	11/29/2023	23:07:19 UTC	
1745	OFF4JP5RK	0	2495913	11/29/2023	23:07:49 UTC	
1746	OFF4JPEYK	0	2495913	11/29/2023	23:08:19 UTC	
1747	OFF4JIT9XK	0	2495913	11/29/2023	23:15:02 UTC	

Gambar 4.10 Data Monitoring Intensitas Cahaya

4.4.4. Data Suhu Panel

Pengukuran data suhu panel menggunakan sensor *water proof temperature* DS18B20. Data dimonitor dengan penggunaan aplikasi `adafruit.com` dalam rentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database dengan entitas `suhu_panel` pada sistem `adafruit`. Menggunakan 2 sensor DS18B20 yang diletakan pada posisi atas panel surya dan bawah panel untuk mengukur suhu dalam 2 kondisi tersebut. Data suhu panel yang tersimpan dalam satuan derajat celcius C^0 yang dilengkapi dengan satuan waktu tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan detik. Data dapat didownload dalam format CSV dan JSON, terlihat pada Gambar 4.12.

The image shows two side-by-side screenshots. The left screenshot is a web browser displaying the Adafruit IO dashboard for a feed named 'suhu-panel'. It shows a table with two columns: 'Created at' and 'Value'. The right screenshot is a Microsoft Excel spreadsheet with columns A through F, containing data that matches the table in the left screenshot.

Created at	Value
2023/12/01 06:32:08PM	28.19,28.31
2023/12/01 06:31:38PM	28.19,28.31
2023/12/01 06:31:08PM	28.19,28.31
2023/12/01 06:30:38PM	28.19,28.31
2023/12/01 06:30:08PM	28.25,28.31
2023/12/01 06:29:38PM	28.19,28.31
2023/12/01 06:29:08PM	28.19,28.31
2023/12/01 06:28:38PM	28.25,28.31
2023/12/01 06:28:08PM	28.19,28.31
2023/12/01 06:27:38PM	28.25,28.25
2023/12/01 06:24:32PM	28.25,28.25
2023/12/01 06:24:02PM	28.25,28.25
2023/12/01 06:23:32PM	28.25,28.25

id	Bawah	Atas	created_at	E	F	ele
0FEVT9YJS	29.31	30.31	11/19/2023	1:47:43	UTC	
0FEVTAF8:	29.25	30.44	11/19/2023	1:48:38	UTC	
0FEVTARG	29.19	30.62	11/19/2023	1:49:08	UTC	
0FEVTB1M	29.19	30.75	11/19/2023	1:49:38	UTC	
0FEVTBAR	29.31	30.75	11/19/2023	1:50:08	UTC	
0FF2C61Q	29.25	30	11/27/2023	5:24:57	UTC	
0FF2C6B1	29.31	30	11/27/2023	5:25:28	UTC	
0FF2C6M5	29.25	30	11/27/2023	5:25:58	UTC	
0FF2C6X9	29.31	30	11/27/2023	5:26:27	UTC	
0FF2C77Q	29.25	30	11/27/2023	5:27:02	UTC	
0FF2C7FK	29.25	30	11/27/2023	5:27:28	UTC	
0FF2C7SO	29.25	30	11/27/2023	5:27:58	UTC	
0FF2C8XA	29.25	30.06	11/27/2023	5:29:57	UTC	
0FF2C96F	29.37	30.12	11/27/2023	5:30:27	UTC	
0FF2C9FN	29.37	30.12	11/27/2023	5:30:57	UTC	
0FF2C9RS	29.31	30	11/27/2023	5:31:27	UTC	
0FF2CA24	29.19	30.06	11/27/2023	5:31:58	UTC	
0FF2CAB4	29.25	30.06	11/27/2023	5:32:28	UTC	
0FF2CAME	29.25	30	11/27/2023	5:32:57	UTC	
0FF2CAXD	29.19	30	11/27/2023	5:33:27	UTC	
0FF2CB6K	29.25	30.06	11/27/2023	5:33:57	UTC	
0FF2CBFV	29.25	30	11/27/2023	5:34:28	UTC	
0FF2CBRI	29.19	30	11/27/2023	5:34:58	UTC	
0FF2CC25	29.25	30	11/27/2023	5:35:28	UTC	
0FF2CCRB	29.25	30	11/27/2023	5:35:58	UTC	

Gambar 4.11 Data Monitoring Suhu Panel

4.4.5. Data Suhu Udara

Pengukuran data suhu panel menggunakan sensor *humidity* dan *temperature* DHT22. Data dimonitor dengan penggunaan aplikasi adafruit.com dalam rentang waktu 2 menit yang otomatis tersimpan dalam database dengan entitas suhu_udara pada sistem adafruit. DHT22 yang dapat mengukur suhu dengan satuan C^0 dan kelembaban dengan satuan % secara bersamaan yang dilengkapi dengan satuan waktu tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan detik. Data dapat didownload dalam format CSV dan JSON, terlihat pada Gambar 4.19.

Created at	Value
2023/12/01 06:32:07PM	29.10,84.40
2023/12/01 06:31:37PM	29.10,84.40
2023/12/01 06:31:07PM	29.10,84.40
2023/12/01 06:30:37PM	29.10,84.30
2023/12/01 06:30:08PM	29.10,84.10
2023/12/01 06:29:37PM	29.10,84.10
2023/12/01 06:29:08PM	29.10,84.10
2023/12/01 06:28:37PM	29.20,83.90
2023/12/01 06:28:07PM	29.20,83.60
2023/12/01 06:27:37PM	29.30,83.40
2023/12/01 06:24:32PM	29.30,83.20
2023/12/01 06:24:02PM	29.30,83.10
2023/12/01 06:23:32PM	29.30,83.00
2023/12/01 06:23:01PM	29.40,82.70
2023/12/01 06:18:27PM	29.40,82.90

id	Suhu	kelmbaba	created_at			
1	OFFVT9YE	29.5	81.8	11/19/2023	1:47:43 UTC	
2	OFFVTAF5I	29.7	81.1	11/19/2023	1:48:38 UTC	
3	OFFVTARC	29.8	80.8	11/19/2023	1:49:08 UTC	
4	OFFVTB1F	29.8	80.8	11/19/2023	1:49:38 UTC	
5	OFFVTBAN	29.9	80.5	11/19/2023	1:50:08 UTC	
6	OFF2C61K	30	81.2	11/27/2023	5:24:57 UTC	
7	OFF2C6AV	30	80.2	11/27/2023	5:25:27 UTC	
8	OFF2C6M1	30	80.9	11/27/2023	5:25:57 UTC	
9	OFF2C6X5I	30.1	80.1	11/27/2023	5:26:27 UTC	
10	OFF2C778f	30.1	79.9	11/27/2023	5:27:00 UTC	
11	OFF2C7FF	30.1	79.8	11/27/2023	5:27:27 UTC	
12	OFF2C7RV	30.1	80.1	11/27/2023	5:27:58 UTC	
13	OFF2C8X6	30.2	80.2	11/27/2023	5:29:57 UTC	
14	OFF2C96A	30.3	81	11/27/2023	5:30:27 UTC	
15	OFF2C9FG	30.3	79.5	11/27/2023	5:30:57 UTC	
16	OFF2C9RN	30.3	79.7	11/27/2023	5:31:27 UTC	
17	OFF2CA1W	30.3	79	11/27/2023	5:31:57 UTC	
18	OFF2CAB1	30.3	79.7	11/27/2023	5:32:27 UTC	
19	OFF2CAM3	30.4	79.4	11/27/2023	5:32:57 UTC	
20	OFF2CAX8I	30.4	79.1	11/27/2023	5:33:27 UTC	
21	OFF2CB6D	30.4	79.6	11/27/2023	5:33:57 UTC	
22	OFF2CBFP	30.4	79.2	11/27/2023	5:34:27 UTC	
23	OFF2CBRSY	30.4	79.4	11/27/2023	5:34:57 UTC	
24	OFF2CC21I	30.4	79.5	11/27/2023	5:35:27 UTC	
25	OFF2CC86I	30.4	79.9	11/27/2023	5:35:57 UTC	

Gambar 4.129 Data Monitoring Suhu Udara