

MERANCANG SISTEM *MONITORING* DAN MENGANALISA KINERJA *REALTIME* PADA PLTS SKALA KECIL

¹ Mochamad Yajit Albustomi, ² I Made Wartana, ³ Awan Uji Krismanto

^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹ mochamadyajit@gmail.com, ² m.wartana@lecturer.itn.ac.id, ³ awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Photovoltaic adalah suatu alat yang dapat menyerap energy matahari kemudian merubahnya menjadi energi listrik(Renewable Energy). Dengan masih banyaknya energy matahari di indonesia yang masih belum termanfaatkns dengan maksimal dengan kapasitas 00,87 GWp. Karena itulah masih banyak ruang untuk penggunaan teknologi Photovoltaic untuk sumberdaya listrik. Photovoltaic juga perlu diuji untuk mengetahui performamnsinya, dikarenakan cuaca dan kondisi sekitar sangat berpengaruh terhadap Photovoltaic. Karena itulah diperlukan sebuah sistem monitoring dan penyimpanan datalogger yang handal. Pada penelitian ini dilakukan perancangan hardware dan software untuk memanatau performansi Photovoltaic 100 Wp dengan sistem monitoring secara online dan menyimpan data ke SD Card di manapun dan kapanpun dengan menggunakan platform IOT dan metode penyimpanan secara otomatis dengan skala perdetik dan permenit. Hal ini bertujuan untuk memudahkan para peneliti untuk mengambil data dengan mudah hanya dengan satu kali klik pada mobile phone yang dapat diakses di manapun dan juga dapat memonitoring secara realtime input dan output dari panel surya. Dengan demikian alat ini akan sangat berguna untuk bagi para peneliti yang ingin meneliti PLTS skala kecil, karena alat ini mempunyai keunggulan untuk menyimpan data dengan skala yang berbeda dan dapat menyimpan data dari jarak jauh sekaligus memonitoring data dari PLTS secara online. Sehingga para peneliti tidak perlu mengamati PLTS di tempat untuk pengambilan data karena alat ini sudah dapat mencangkupnya secara otomatis dengan tingkat eror pengujian sensor yang dipakai kurang dari 5%.

Kata Kunci: Sistem Monitoring, Datalogger

I. PENDAHULUAN

Matahari adalah salah satu sumber energi terbesar di dunia yang berfungsi untuk kelanjutan hidup manusia dan makhluk hidup yang ada di bumi, dan di sisi lain matahari juga bisa dimanfaatkan sebagai sumber tenaga energi listrik, yaitu energi terbarukan atau *renewable energy of solar panel*.

Di indonesia sendiri masih sangat besar yakni sekitar 48 KWH/m2 atau setara dengan GWp, namun yang dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah

menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga 2025 adalah sebesar 00.87 GWp[1].

Dalam bidang energi, salah satu yang dapat dimanfaatkan dari intensitas cahaya matahari yang tinggi di Indonesia ini adalah dengan memaksimalkan alat pengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut dengan panel surya. Besar daya keluaran yang dihasilkan oleh panel.surya dipengaruhi oleh beberapa kondisi lingkungan dimana sebuah panel surya ditempatkan seperti suhu, intensitas cahaya matahari, arah datangnya sinar matahari dan spektrum cahaya matahari[2].

Karena kondisi lingkungan selalu berubah, maka akan sulit mengetahui kinerja sebuah PV yang terpasang pada lokasi tertentu tanpa mengetahui kondisi perubahan intensitas radiasi matahari dan parameter-parameter lainnya di lokasi tersebut.

Untuk mendapatkan hasil kinerja dari panel surya dibutuhkan sebuah pengukuran pada daya keluaran dari panel surya, pengukuran ini dapat digunakan menggunakan multimeter, tetapi pengukuran menggunakan metode ini masih memiliki banyak kekurangan yaitu pengukuran yang tidak bisa dilakukan secara terus menerus. Karena itulah dibutuhkan suatu alat untuk merekam data output dari panel surya secara otomatis agar mendapatkan hasil data pengukuran yang efektif secara real time[3].

Untuk itu diperlukan suatu perangkat digital berupa *datalogger* yang bisa bekerja secara otomatis dan bisa menjawab kekurangan-kekurangan yang ada pada penggunaan perangkat konvensional. Sebagian besar alat ukur ini sudah tersedia di pasaran dengan berbagai macam fitur, harga dan spesifikasinya. Tetapi pada kondisi tertentu diperlukan suatu sistem perangkat akuisisi tersendiri yang sesuai dengan kebutuhan objek pengukuran seperti rentang nilai pengukuran, akurasi dan aksesibilitas data[4].

Berdasarkan permasalahan serta paparan latar belakang dapat dirumuskan batasan masalah sebagai berikut.

Sedangkan tujuan penelitian disini adalah

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan Input (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (of which 15 provide PWM output)
Pin Analog Input	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

II. KAJIAN PUSTAKA

Sistem Monitoring

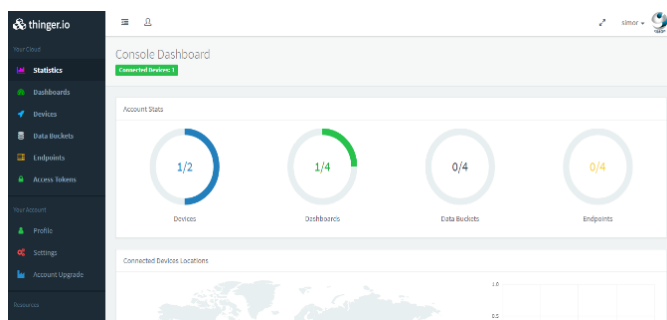
Monitoring adalah siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan. Umumnya, *monitoring* digunakan dalam checking antara kinerja dan target yang telah ditentukan.

Data logger

Data logger merupakan suatu instrumen elektronik yang memiliki kemampuan untuk membaca besaran pada alam (misal temperatur, kecepatan angin, kadar gas, arus dan tegangan listrik) yang dibaca oleh sensor elektronik maupun elektromekanik, kemudian menuliskan nilai besaran yang terbaca tersebut ke dalam memori. Sistem PV membutuhkan data logger yang dapat diandalkan untuk mencatat data dan menyimpan semua parameter listrik untuk pengamatan dan Kinerja panel surya bisa dipantau secara langsung parameternya seperti tegangan, arus dan daya.[8]

Thinger.io

Thingier.io adalah *Platform IoT* cloud yang menyediakan setiap alat yang diperlukan untuk membuat prototipe, skala, dan mengelola produk yang terhubung dengan cara yang sangat sederhana melalui laptop ataupun smartphone.

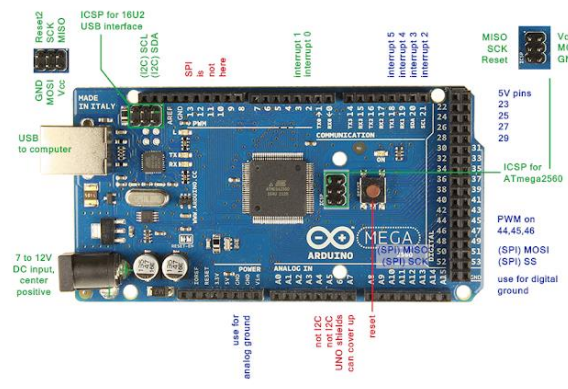


Gambar 1. Thingie.io Platform

Arduino mega 2560

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah Board Arduino yang menggunakan *Ic Mikrokontroler* ATmega 2560. Papan ini memiliki pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART.

Spesifikasi



Gambar 2. Arduino Mega 2560

Sensor tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika range tegangan yang dibaca di antara 0-5 V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika range tegangan yang dibaca >5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada max 5 v[9].

$$V_{out} = (R1/(R1+R2)) \times V_{in} \quad (1)$$

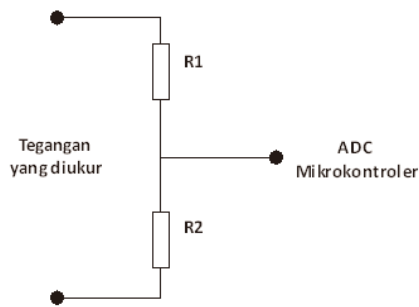
dimana :

Vout = Tegangan keluaran

R1 = Resistor pertama

R2 = Resistor kedua

V_{in} = Tegangan masukan



Gambar 3. Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor ACS712

Current sensor adalah modul yang berfungsi mendeteksi aliran arus listrik yang melewatinya. Hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai Sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Perubahan tingkatan tegangan bekorelasi linier terhadap besaran arus sebesar 100mV/Ampere. Untuk mendapatkan nilai arus maka menggunakan persamaan berikut,[9]

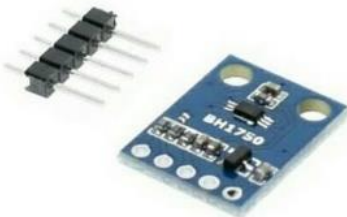
$$A = \frac{\frac{1023}{VCC} \times \text{ADC Value} - 2.5}{0.1} \quad (2)$$



Gambar 4. Sensor Arus Acs-12

Sensor cahaya BH1750

BH1750 adalah sebuah IC sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya sekitar dalam ukuran atau satuan lux. Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk komunikasi dengan mikrokontroller atau minimum sistem. Jangkauan deteksi sensor ini cukup lebar yaitu antara 1 – 65535 lux. 1 lux artinya besaran intensitas cahaya 1 lumen pada area seluas 1 meter persegi atau kalau dituliskan dalam persamaan menjadi :



Gambar 5. Sensor BH1750

RTC DS3231

RTC DS3231 adalah salah satu jenis module yang dimana berfungsi sebagai RTC (Real Time Clock) atau pewaktuan digital serta penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas kedalam 1 module.[10].

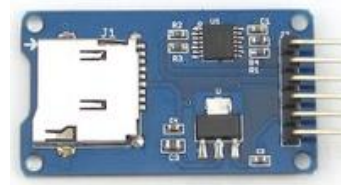


Gambar 6. RTC DS3231

SD card modul

Module micro sd merupakan modul untuk mengakses micro SD untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (Serial Parallel Interface).

Modul ini cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan media penyimpanan data, seperti sistem absensi, sistem antrian, maupun sistem aplikasi data logging lainnya[13].



Gambar 7. SD Card Modul

NodeMcu

NodeMCU V3 ESP8266 yaitu juga sebuah mikrokontroler, seperti Arduino, yang ditambahi dengan modul WiFi ESP8266. Selain terdapat memori untuk menyimpan program, juga tersedia port digital Input – Output, sebuah port analog input serta port dengan fungsi khusus seperti serial UART, SPI, I2C dll.

Spesifikasi

Microcontroller : Tensilica 32 bit.
Flash Memory : 4 KB.
Tegangan Operasi : 3.3 V.
Tegangan Input : 7 – 12 V.
Digital I/O : 16.
Analog Input : 1 (10 Bit).
Interface UART : 1.
Interface SPI : 1.
Interface I2C : 1.



Gambar 8. NodeMcu

Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus ini bertujuan untuk membaca output arus yang dihasilkan dari panel surya. Nilai pengukuran dikonversi dengan mikrokontroller arduino untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Pengujian sensor arus menggunakan mikrokontroller arduino untuk memproses pembacaan nilai analog dari hasil pengukuran pada objek yang diukur.

Rumus menghitung eror sensor arus:

$$\%EROR = \frac{S_{Arus} - \text{Amperemeter}}{\text{Amperemeter}} \times 100\% \quad (3)$$

Pengujian sensor tegangan

Pengujian sensor tegangan ini bertujuan untuk membaca output tegangan yang dihasilkan dari panel surya. Nilai pengukuran dikonversi dan sebagai kalibrasi di mikrokontroller Arduino sehingga menunjukkan hasil yang diinginkan. Pengujian sensor tegangan menggunakan mikrokontroller arduino untuk memproses pembacaan nilai analog dari hasil pengukuran pada objek yang diukur.

Rumus menghitung eror sensor tegangan:

$$\%EROR = \frac{S_{Tegangan} - \text{Voltmeter}}{\text{Voltmeter}} \times 100\% \quad (4)$$

Pengujian Performansi PV dengan datalogger

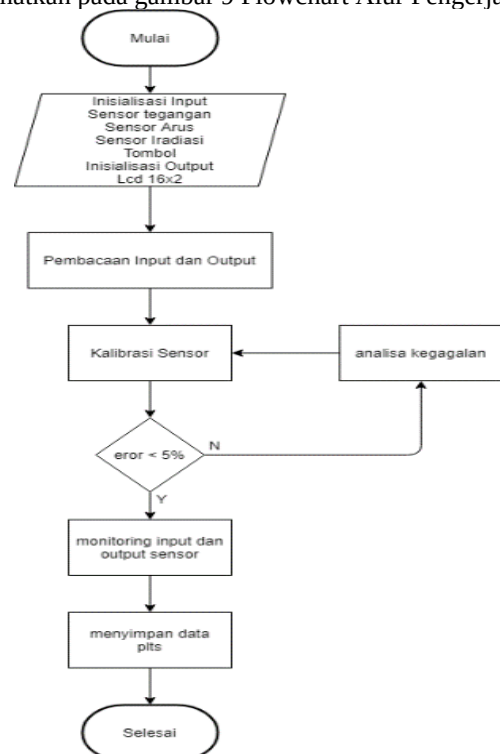
Pengujian performansi PV dengan *datalogger* bertujuan untuk mengamati input PV dan output dari PV ke beban dengan pengamatan yang lebih detail, karena *datalogger* dapat menyimpan variable input dan output dari pv secara otomatis dengan resolusi pengambilan data setiap detik dan setiap menit, dimana data setiap menit di ambil dari rata-rata setiap 60 detik data yang sudah di ambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah – Langkah Penelitian

1. Pendefinisian dari platform IOT yang akan digunakan memonitoring panel surya untuk menambah pemahaman mengenai lingkup topik yang akan dikerjakan.
2. Pengumpulan refrensi yang berhubungan dengan perancangan sistem monitoring kinerja panel surya berbasis mikrokontroller Arduino.....
3. Perancangan design, skema dan layout rangkaian elektronik menggunakan google sketchup, dan eagle.....
4. Perancangan algoritma pembacaan sensor yang digunakan pada panel surya dan komunikasi antara Arduino dengan monitoring online menggunakan platform IOT Thinger.io menggunakan Arduino IDE.
5. Pengujian sensor tegangan, dan arus untuk mengetahui seberapa akurat sensor yang digunakan.
6. Pengujian sistem monitoring online apakah sudah sesuai dengan yang ditampilkan di mikrokontroller.
7. Pengujian penyimpanan datalogger dari panel output surya.

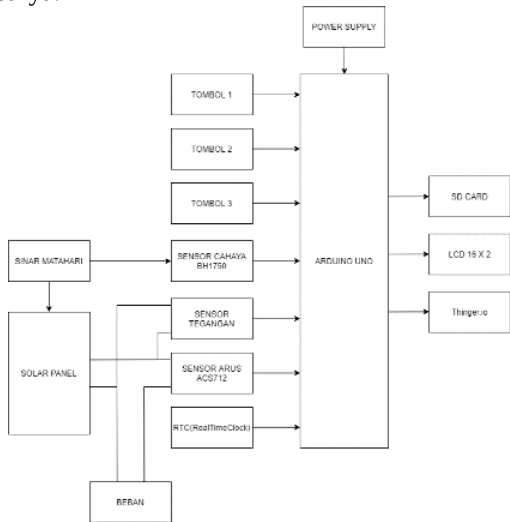
Dalam penyusunan penelitian diperlukan adanya penulisan yang sistematis dengan tujuan memudahkan bagaimana langkah pengerjaan laporan dan proses pembuatan alat. Tahap tahap penelitian yang akan dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir dengan secara runtut dalam bentuk konsep penelitian berupa diagram alur penelitian diperlihatkan pada gambar 9 Flowchart Alur Pengerjaan.



Gambar 9. Flowchart Sistem

Blok Diagram Alat

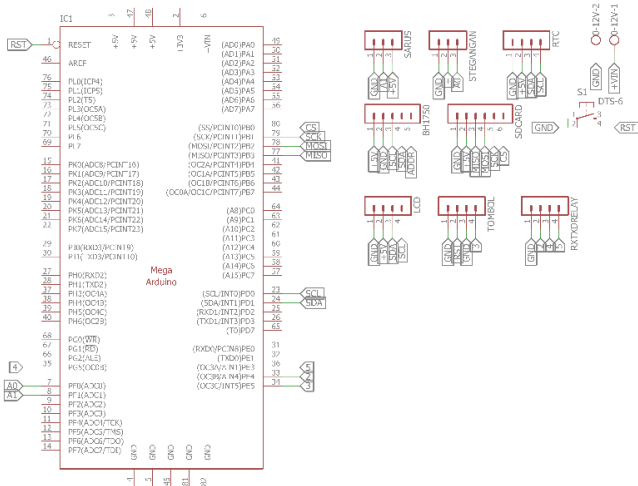
Pada gambar 10 Block Diagram adalah penjelasan gambaran sekema alur rangkaian dari panel surya ke alat. Dari panel surya kemudian *output positif* dan *negatif* panel surya masuk ke sensor tegangan, kemudian untuk sensor arus dirangkai secara seri untuk positifnya dan negatifnya langsung ke ground, setelah itu pin data dari masing2 sensor masuk ke pin analog arduino dan diproses oleh Arduino, sehingga didapatkan outputan file data logger dari output panel surya.



Gambar 10. Blok Diagram

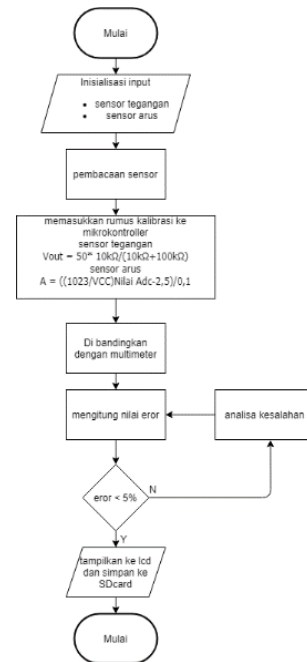
Rangkaian Elektronik

Pada gambar 11 Rangkaian adalah penjelasan tentang rangkaian elektronik input dan output yang dipakai pada alat *system monitoring*.



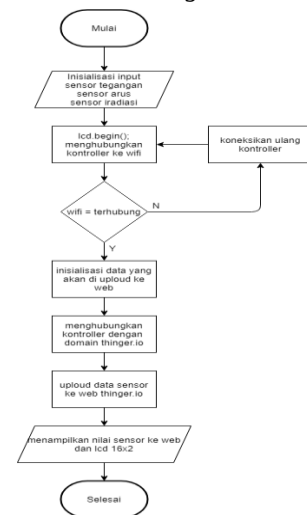
Gambar 11. Rangkaian

Sub Flowchart Kalibrasi



Gambar 12. FLOWchart kalibrasi

Sub Flowchart Sistem Monitoring



Gambar 13. Flowchart Monitoring

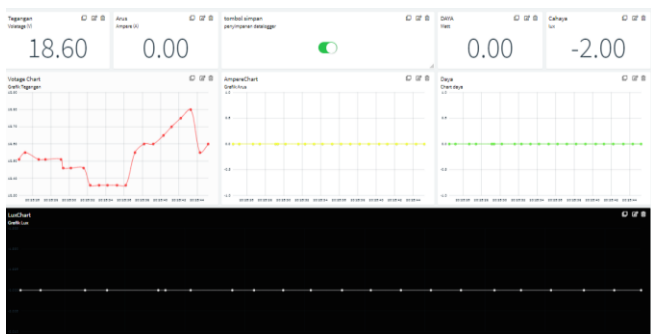
IV. SIMULASI DAN ANALISA

Realisasi hasil perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Realisasi web *monitoring* mrnggunakan Platform *thinger io*

Realisasi *Web monitoring* dapat dilihat pada Gambar 15 *Web Monitoring*. Tampilan pada web *monitoring* terdiri dari *monitoring* teganan, arus, daya, dan iradiasi. Dan mempunyai satu tombol untuk kontrol penyimpanan data, selain menampilkan nilai dari output panel surya tampilan

web juga menyajikan tampilan grafik setiap variabel yang digunakan.



Gambar 14. Web Monitoring

Pengujian Sensor Arus

Dalam pengujian sensor arus diberikan sebanyak 5 kali pengujian dengan beban yang berbeda menggunakan lampu 12V yang bisa dilihat pada Tabel 1 Pengujian Sensor Arus. Pada tabel tersebut telah dihitung perbandingan antara Multimeter(A) dengan sensor arus sehingga ditemukan nilai eror dengan rata – rata kesalahan sebesar 0,001%.

Tabel 1. Pengujian Sensor Arus

NO	Sumber V	Beban lampu	Hasil pengukuran		eror %
			Multimeter (A)	sensor arus (A)	
1	12	12v 10W	0	0	0
2	12	12v 30W	1,19	1,19	0
3	12	12v 50W	1,63	1,64	0,006
4	12	12v 70W	2,04	2,04	0
5	12	12v 100W	2,41	2,41	0
rata -rata eror					0,001

Pengujian Sensor Tegangan

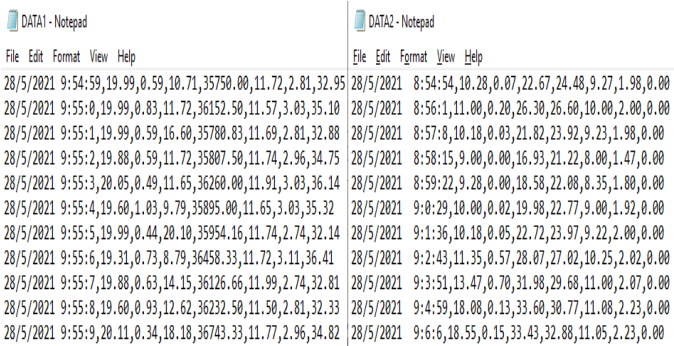
Dalam pengujian sensor tegangan diberikan sebanyak 7 kali pengujian dengan beban yang berbeda, bisa dilihat pada Tabel 2 Pengujian Sensor tegangan. Pada tabel tersebut telah dihitung perbandingan antara Multimeter(V) dengan sensor tegangan sehingga ditemukan nilai eror dengan rata – rata kesalahan sebesar 0,001%.

Tabel 2. Pengujian.Sensor.Tegangan

NO	Sumber V	Hasil pengukuran		eror%
		Multimeter(V)	Sensor Tegangan(V)	
1	0	0	0	0
2	5,1	5,1	5,1	0
3	10	10	10	0
4	15	15	15	0
5	20,3	20,3	20,3	0
6	25,1	20,1	20,2	0,5
7	30,2	30,2	30,3	0,3

Pengujian Data Logger

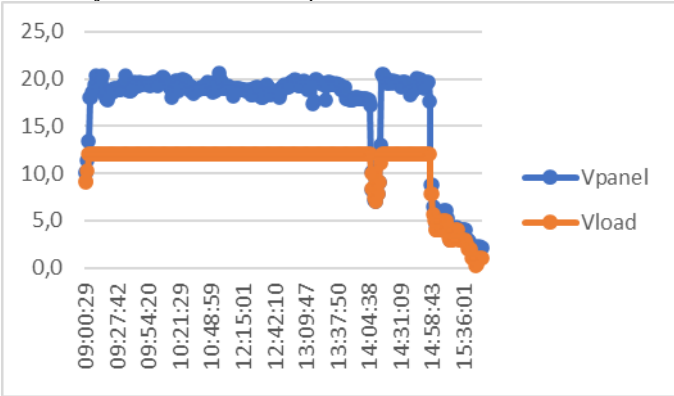
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah Ketika tombol penyimpanan atau datalogger aktif apakah data dapat tersimpan ke dalam Sd card. Dan hasilnya adalah data berhasil tersimpan ke dalam sdcard dengan nama data 1 dan data 2, untuk data satu yaitu data penyimpanan setiap detik, dan data 2 adalah data penyimpanan setiap menit seperti yang ditunjukkan pada gambar 16 Pengujian Data Logger



Gambar 15. Pengujian Data Logger

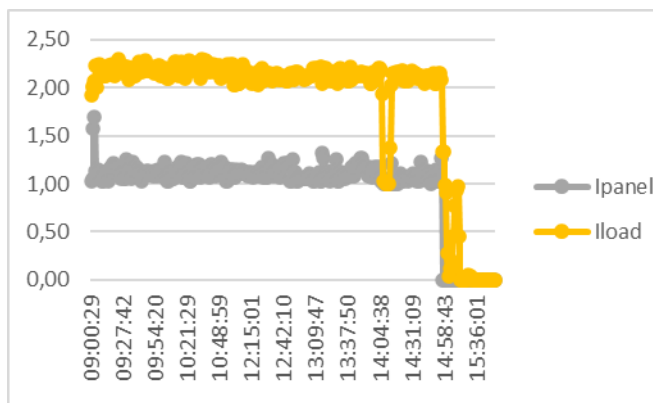
Pengujian Performansi PV

Pengujian Vinput dan Voutput panel surya dari jam 09.00 – 15.59 dengan beban resistor linier 12 V 10 Ohm 50 Watt. Tegangan input tidak stabil karena perubahan cuaca dan iradiasi matahari yang terus menerus. Pada tegangan output kondisinya stabil karena Vinput lebih dari 12v.



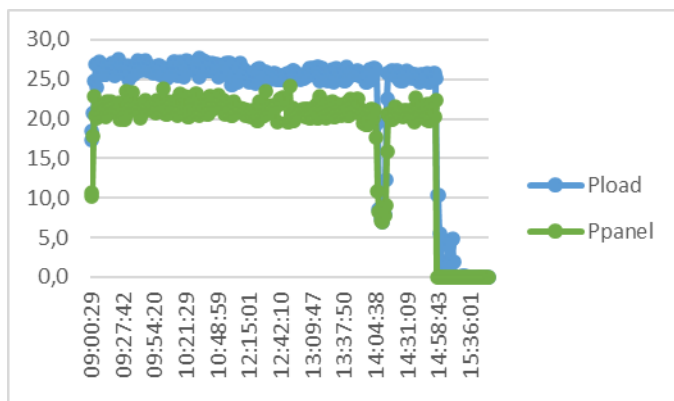
Gambar 16. Grafik Vinput dan Voutput

Pengujian Input dan Ioutput panel surya dari jam 09.00 – 15.59 dengan beban resistor linier 12 V 10 Ohm 50 Watt. Pada grafik dibawah bisa dilihat bahwa antara grafik Vinut dan Voutput untuk perubahannya hampir sama, dan mengalami penurunan arus pada jam yang sama dengan grafik tegangan karena data diambil pada waktu bersamaan.



Gambar 17. Grafik Iinput dan Ioutput

Pengujian Pinut dan Poutput panel surya dari jam 09.00 – 15.59 dengan beban resistor linier 12 V 10 Ohm 50 Watt. Dalam pengujian daya dapat dilihat bahwa Poutput lebih stabil daripada Pinut, daya juga mengalami penurunan di waktu yang sama, kemudian pada jam 14.56 dan seterusnya daya mengalami penurunan terus menerus hal ini dikarenakan Cahaya dan iradiasi matahari yang semakin berkurang Ketika sore. Sehingga dapat menyebabkan penurunan tegangan dan arus.

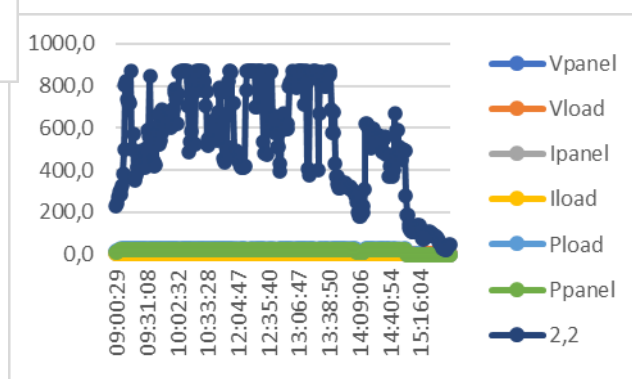


Gambar 18. Grafik Pinut dan Poutput

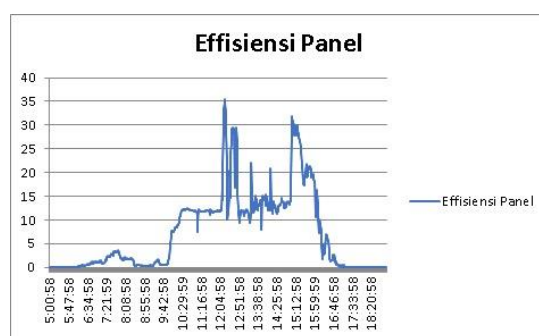
Pengujian iradiasi matahari terhadap variable Input dan Output Panel surya, dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa tegangan akan bertambah Ketika iradiasi yang diterima oleh panel semakin besar, dan Ketika iradiasi yang diterima oleh panel surya semakin kecil maka tegangannya pun juga akan mengecil hal ini bisa di lihat pada tabel 3 Pengujian datalogger permenit.

Tabel 3. Pengujian datalogger permenit

NO	date and time	Vpanel	Ipanel	Ppanel	Iradiasi	Vload	Iload	Pload
1	09:00:29	10,0	1,02	10,2	227,7	9,0	1,9	17,3
2	09:01:36	10,2	1,05	10,7	239,7	9,2	2,0	18,4
3	09:02:43	11,4	1,57	17,8	270,2	10,3	2,0	20,7
4	09:03:51	13,5	1,70	22,9	296,8	12,0	2,1	24,8
5	09:04:59	18,1	1,13	20,4	307,7	12,1	2,2	26,9
6	09:05:29	18,0	1,12	20,2	287,7	12,0	2,0	24,0
7	09:06:06	18,6	1,15	21,3	328,8	12,1	2,2	26,9
8	09:07:14	18,7	1,12	20,9	384,7	12,1	2,3	27,2
9	09:08:21	19,4	1,12	21,8	804,7	12,0	2,2	25,8
10	09:09:30	20,4	1,02	20,8	496,3	12,0	2,1	25,6



Gambar 20. Grafik Iradiasi Terhadap Variable Pv



Gambar 21. Grafik Iradiasi Terhadap Variable Pv

Effisisiensi yang dihasilkan panel surya tertinggi yaitu pada saat jam 12.00 dimana effisisiensi dari panel surya sebesar 35%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini

1. Design system monitoring ini mempunyai keunggulan dapat memonitoring secara Online / Offline dengan dilengkapi datalogger.
2. Datalogger dirancang memiliki 2 resolusi pengambilan data yang berbeda yaitu skala perdetik dan skala permenit dengan keunggulan sistem yang otomatis.
3. Berdasarkan pengujian sensor alat ini memiliki nilai eror sebesar 1,85% untuk sensor tegangan, dan 0% untuk sensor arus.
4. File pengambilan data dari datalogger dapat langsung di convert ke ms excel untuk lebih memudahkan peneliti dalam menganalisis performansi dari PLTS.

Saran

Dalam penelitian ini ada beberapa point yang masih bisa dikembangkan lagi, antara lain yaitu:

1. Alat ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan sensor suhu.
2. Alat ini dapat dikembangkan lagi untuk penyimpanannya menggunakan database
3. Alat ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan penyimpanan data perjam atau selebihnya untuk mendapatkan data yang lebih detail

Jangan memperkenalkan ide ide baru yang tidak ada dalam pembahasan penelitian anda. Gunakan bahasa yang baku sehingga mudah dimengerti.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hajar Muhamad agus darsoni, "Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis," Perbandingan Pengguna. Bahan Bakar Prem. dan Gas Terhadap Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Genset Daito 1500 Watt, pp. 270–276, 2016.
- [2]. Gupta, V., Raj, P., & Yadav, A. (2018). Design and cost minimization of PV analyzer based on arduino UNO. IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering, ICPCSI 2017, 1337–1342. <https://doi.org/10.1109/ICPCSI.2017.8391928>
- [3]. Arkoub, M., Alkama, R., & Blum, K. (2013). Measurement array for photovoltaic installation. Energy Procedia, 36, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.024>
- [4]. Lopez-Vargas, A., Fuentes, M., Garcia, M. V., & Munoz-Rodriguez, F. J. (2019). Low-Cost Datalogger Intended for Remote Monitoring of Solar Photovoltaic Standalone Systems Based on ArduinoTM. IEEE Sensors Journal, 19(11), 4308–4320. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2898667>
- [5]. Djenal, D. P. (2015). Sistem Monitoring Intesitasi Radisi Matahari. 5, 10.
- [6]. Heri, J. (2012). Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50 WP. Engineering, 4, No 1, 47–55. Retrieved from <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=116861>
- [7]. Fachri, M. R., Sara, I. D., & Away, Y. (2015). Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time. Jurnal Rekayasa Elektrika, 11(4), 123. <https://doi.org/10.17529/jre.v11i3.2356>
- [8]. H. Suryawinata, D. Purwanti, and S. Sunardiyo, "Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Atmega 328 Dan Real Time Clock DS1307," J. Tek. Elektro, vol. 9, no. 1, pp. 30–36, 2017, doi: 10.15294/jte.v9i1.10709.
- [9]. Hermawan, I. B. (2016). Rancangbangun Data Logger Tenaga Listrik Pada Panel Surya. <https://studylibid.com/doc/1231856/rancangbangun-data-logger-tenaga-listrik-pada-panel>
- [10]. Issn, J. F., Fisika, H., Akreditasi, I., Dan, P., Coba, U. J. I., Logger, D., Mikrokontroler, B., Monitoring, U., Tanah, P., Setiono, A., Puranto, P., Widiyatmoko, B., Instrumentasi, B., Pusat, O., Fisika, P., Ilmu, L., Indonesia, P., Serpong, K. P., Selatan, T., ... Kunci, K. (2010). ADC (analog to digital converter) 12. 10(242), 83–94.
- [11]. Iskandar, H. R., Purwadi, A., Rizqiawan, A., & Heryana, N. (2017). Prototype development of a low cost data logger and monitoring system for PV application. 3rd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy, ICPERE 2016, 171–177. <https://doi.org/10.1109/ICPERE.2016.7904864>
- [12]. Putu, P., Winata, T., Wijaya, I. W. A., & Suartika, I. M. (2016). Rancang Bangun Sistem Monitoring Output dan Pencatatan Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino. Jurnal Ilmiah Spektrum, 3(1), 1–6.
- [13]. Pudín, A., & Mardiyanto, I. R. (2020). Desain dan Implementasi Data Logger untuk Pengukuran Daya Keluaran Panel Surya dan Iradiasi Matahari. ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 8(2), 240. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.240>