

Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things

Danang Erwanto¹⁾, Diah Arie Widhining K²⁾, Tomi Sugiarto³⁾

^{1), 2), 3)} Teknik Elektro Uniska – Kediri

Jl Sersan Suharmadji No 38 Kediri

Email : danangerwanto@uniska-kediri.ac.id

Received: December 12, 2019. Accepted: July 24, 2020

ABSTRAK

Besarnya daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar panel surya dipasang, sehingga diperlukan pemantauan terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pada penelitian membahas tentang alat pemantau arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya secara jarak jauh berbasis *Internet of Things* menggunakan NodeMCU sebagai pengirim data ke server *Thingspeak* melalui jaringan internet. Dari hasil penelitian, *Internet of Things* mampu digunakan untuk melakukan pemantauan arus dan tegangan pada panel surya dengan jeda waktu pengiriman data/uploading setiap 15 detik sekali. Pemantauan dengan *Internet of Thing* dapat dilakukan secara jarak jauh dan *real-time* dengan menggunakan *Thingspeak* sehingga data hasil pemantauan terhadap arus dan tegangan dapat disimpan dan diunduh dalam bentuk *Spreadsheet*.

Kata kunci: Panel Surya, *Internet of Things*, Arus, Tegangan

ABSTRACT

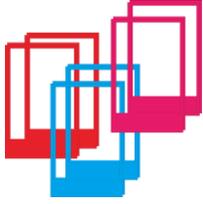
The amount of output power produced by solar panels is influenced by environmental conditions around solar panels installed, so it is necessary to monitor the current and voltage generated by solar panels. The research discussing current and voltage monitoring devices generated by solar panels remotely based on the Internet of Things using NodeMCU as the sender of data to the Thingspeak server via the internet network. From the research, the Internet of Things is able to be used for monitoring current and voltage on the solar panel with uploading lag times every 15 seconds. Monitoring with the Internet of Thing can be done remotely and in real time by using Thingspeak so that the monitoring results of current and voltage can be saved and downloaded in the form of a Spreadsheet.

Keyword: Solar Panel, *Internet of Things*, Electric Current, Voltage

PENDAHULUAN

Salah satu upaya dalam pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) adalah dengan memanfaatkan energi yang diperoleh dari radiasi sinar matahari, karena tidak menimbulkan polusi ke atmosfer. Energi yang berasal dari radiasi sinar matahari merupakan potensi energi terbesar dan terjamin

keberadaannya di muka bumi [1]. Pemanfaatan energi dari radiasi sinar matahari yaitu dengan menggunakan panel surya sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik. Besarnya daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar dimana sebuah panel surya dipasang. Kondisi lingkungan yang mempengaruhi besarnya daya keluaran panel



surya adalah intensitas cahaya matahari, suhu, arah datangnya sinar matahari dan spektrum cahaya matahari, sehingga diperlukan pemantauan arus dan tegangan panel surya. Sistem pemantauan arus dan tegangan digunakan untuk memudahkan melihat besarnya arus dan tegangan yang ada pada jaringan [2]. Sistem pemantauan panel surya pada umumnya hanya melalui alat yang terpasang pada unit panel surya dan dilakukan secara manual sehingga parameter dan data yang diperoleh terbatas, dan tidak dapat memperoleh informasi setiap saat.

Beberapa penelitian telah membahas tentang pemantauan arus dan tegangan pada sistem panel surya. Metode pemantauan kinerja panel surya yang pernah dirancang adalah berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328P dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan yang telah dikalibrasi. Kemudian sistem akuisisi data yang diintegrasikan ke *spreadsheet* Excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori sebagai penyimpanan data cadangan [3]. Penelitian yang lain adalah melakukan pemantauan arus dan tegangan pada panel surya secara jarak jauh yang pernah dirancang adalah berbasis mikrokontroler dengan sms gateway. Hasil dari pembacaan sensor arus dan tegangan akan dimonitoring secara berkala melalui jaringan telekomunikasi melewati *sort message service* (SMS) setiap 5 menit [4].

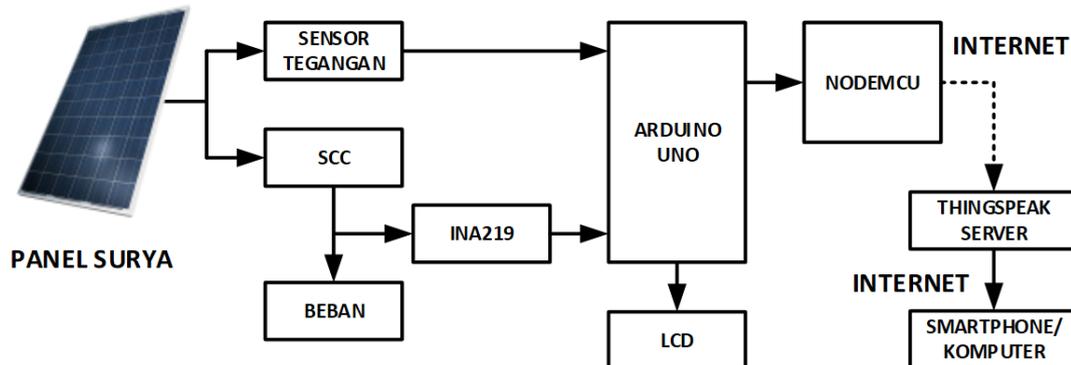
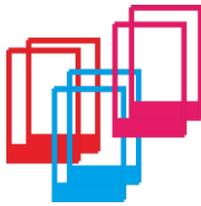
Seiring dengan perkembangan teknologi jaringan komputer dan internet, akhir-akhir ini telah banyak dikembangkan perancangan sistem kendali dan sistem pemantau secara jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT). IoT adalah revolusi baru dari Internet dan merupakan topik penelitian utama pada bidang *embedded system*, ilmu komputer dan teknologi informasi karena bidang aplikasi yang sangat beragam dan campuran beragam dari berbagai komunikasi dan teknologi tertanam dalam arsitekturnya [5]. Dengan adanya IoT, dirancang alat pemantau arus dan tegangan panel surya yang

dilengkapi dengan sensor arus INA219 dan sensor tegangan yang terhubung dengan Arduino Uno dan NodeMCU sebagai mikrokontroler yang berfungsi untuk mengirim data secara nirkabel ke *server Thingspeak* sebagai penyimpanan *database* dan ditampilkan di *Thingview*. Data yang dikirim oleh NodeMCU adalah data hasil pembacaan arus dan tegangan dari kedua sensor yang sebelumnya diproses oleh Arduino Uno, sedangkan LCD 16x2 berfungsi untuk tampilan data pembacaan pada perangkat keras. Dengan pemanfaatan IoT untuk pemantauan arus dan tegangan pada sistem panel surya diharapkan dapat memberikan informasi kinerja dari panel surya secara jarak jauh dan *real-time* baik menggunakan *smartphone* maupun perangkat komputer/laptop.

METODE PENELITIAN

IoT adalah teknologi yang memungkinkan obyek disekitar kita dapat saling terhubung antara satu sama lain (baik secara fisik maupun virtual) untuk mengirimkan informasi dan bertukar informasi secara terus-menerus dengan memanfaatkan sambungan internet. Dalam penerapannya IoT juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi, menemukan, melacak, memantau objek dan memicu event terkait secara otomatis dan *realtime*. IoT menggunakan beberapa teknologi yang secara garis besar di gabungkan menjadi satu kesatuan diantaranya sensor sebagai pembaca data, koneksi internet dengan beberapa macam topologi jaringan, *Radio Frequency Identification* (RFID), *wireless sensor network* dan teknologi yang terus akan bertambah sesuai dengan kebutuhan [6].

Perencanaan perangkat keras yang digunakan dalam pemantauan arus dan tegangan solar panel berbasis IoT ini adalah ditunjukkan oleh gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram blok sistem pemantauan panel surya berbasis IoT

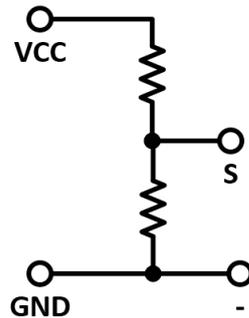
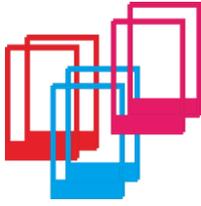
Dengan mengacu diagram blok pada gambar 1, ada dua sensor yang digunakan untuk pemantauan sistem panel surya yaitu sensor arus INA219 dan sensor tegangan yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan. Papan Arduino Uno R3 digunakan untuk mengolah data yang didapat dari sensor arus dan sensor tegangan kemudian data dapat ditampilkan melalui LCD 16x2 dan dikirimkan ke papan NodeMCU. Sedangkan papan NodeMCU digunakan untuk pengiriman data melalui jaringan internet ke server *Thingspeak* sebagai database dan *Thingview* sebagai tampilan pada *smartphone* maupun komputer/laptop.

Pembuatan alat untuk sistem pemantauan arus dan tegangan panel surya pada penelitian ini terbagi menjadi pembuatan perangkat keras dan pembuatan perangkat lunak. Modul/perangkat keras yang digunakan pada alat untuk sistem pemantauan arus dan tegangan panel surya antara lain panel surya, *solar control charge* (SCC), sensor tegangan, sensor arus dan tegangan (INA219), Arduino Uno, NodeMCU, LCD 16x2.

Panel Surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaiik [7]. Prinsip dari fotovoltaiik yaitu radiasi matahari yang mengenai permukaan semikonduktor akan menyebabkan loncatan elektron yang selanjutnya menimbulkan arus listrik [1]. Arus listrik yang

dihasilkan oleh panel surya adalah arus searah (DC). Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya adalah tergantung dari intensitas sinar matahari yang diterima oleh panel surya. Dalam sistem panel surya, tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dihubungkan ke SCC. SCC pada sistem panel surya digunakan untuk melindungi dan melakukan otomatisasi pada pengisian baterai sehingga dapat mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan.

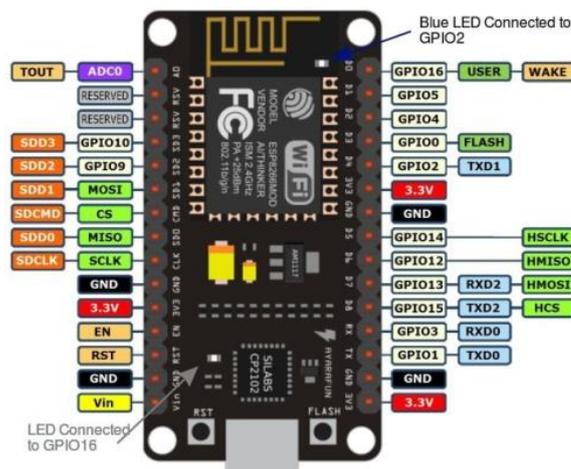
INA219 merupakan modul sensor yang dibuat oleh digunakan untuk mengukur arus dan tegangan listrik pada suatu rangkaian. INA219 didukung dengan *interface* I2C atau *SMBUS-COMPATIBLE* dimana peralatan ini mampu memonitoring tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program *times* dan *filtering* [8]. INA219 mampu mengukur tegangan hingga 26volt DC dan arus 3,2 A dengan membutuhkan sumber tegangan sebesar 3volt DC atau 5volt DC. Tegangan analog yang mampu di ukur oleh Arduino Uno adalah 0 – 5volt. Sehingga diperlukan rangkaian pembagi tegangan agar papan Arduino Uno dapat mengukur tegangan lebih dari 5 volt. Modul sensor tegangan yang dipakai dalam penelitian ini, berupa rangkaian pembagi tegangan seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2, sehingga tegangan yang dapat diukur adalah 0,02445 – 25volt dengan tegangan resolusi analog sebesar 0,00489volt.



Gambar 2. Rangkaian pembagi tegangan pada modul sensor tegangan

Papan NodeMCU pertama kali dikembangkan pada tahun 2013 oleh perusahaan di China dengan nama “System on Chip” yang disebut ESP8266 [9]. NodeMCU adalah papan platform IoT hasil

pengembangan dari ESP8266 yang bersifat *open-source* dengan *firmware* berbasis *e-Lua*.



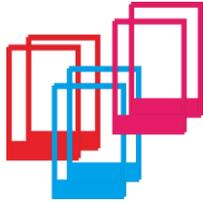
Gambar 3. Diagram pin NodeMCU [10]

Untuk komunikasi serial, NodeMCU memiliki 2 antarmuka UART, yaitu UART0 dan UART1, yang menyediakan komunikasi asinkron (RS232 dan RS485), dan dapat berkomunikasi hingga 4,5 Mbps. Komunikasi serial pada ESP8266 bekerja dengan cara yang sama seperti pada Arduino biasa [7].

Arduino Uno merupakan papan pengembangan (*development board*) rangkaian elektronik berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino Nano memiliki 14 pin masukan/keluaran (I/O) digital (Pin 0 – 13) yang bekerja pada tegangan 5V dengan arus sebesar 20mA. Dari 14 pin digital tersebut, 6

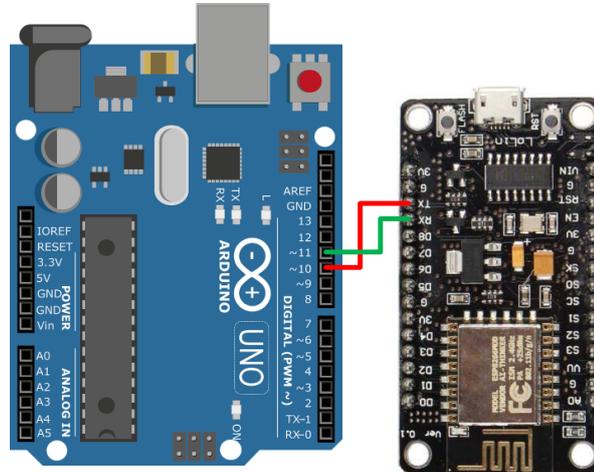
pin diantaranya (pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11) dapat digunakan sebagai keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM). Arduino Uno menyediakan komunikasi serial UART TTL (5V) yang tersedia di pin 0 (RX) dan pin 1 (TX) untuk berkomunikasi dengan komputer, berkomunikasi dengan Arduino lainnya, atau dengan mikrokontroler lainnya.

Dalam penelitian ini komunikasi serial hanya digunakan untuk menerima data dari Arduino Uno ke NodeMCU. Pada gambar 4 menunjukkan rangkaian komunikasi serial dimana pin 10 pada papan Arduino Uno gunakan untuk RX yang disambungkan pada pin TX papan NodeMCU,



sedangkan pin 11 pada papan Arduino Uno dipakai untuk TX yang disambungkan pada pin RX papan

NodeMCU.



Gambar 4. Rancangan komunikasi *serial* dari Arduino Uno ke NodeMCU

Alokasi penggunaan/koneksi pin Arduino Uno dengan modul lain yang dipakai pada sistem

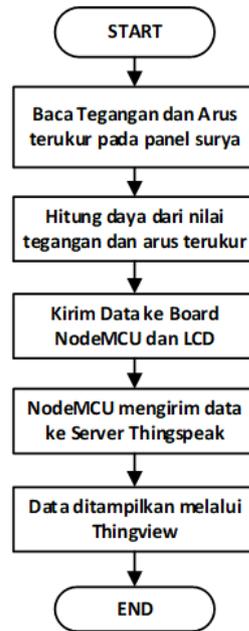
pemantauan arus dan tegangan panel surya ini ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Alokasi penggunaan/koneksi pin Arduino Uno

Modul	Pin Modul	Pin Arduino
Node MCU	Tx	10
	Rx	11
Sensor INA219	SCL	SCL
	SDA	SDA
Sensor Tegangan	Pin S	A0
LCD 16 x 2	SCL	A4
	SDA	A5

Perancangan perangkat lunak untuk system pemantauan arus dan tegangan panel surya pada penelitian ini meliputi perancangan perangkat lunak

pada Arduino Uno, NodeMCU dan pengaturan tampilan pada *web Thingspeak*.



Gambar 5. Diagram alir pemantauan tegangan dan daya panel surya menggunakan IoT

Pada diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar 5 merupakan alur monitoring arus tegangan dan daya panel surya menggunakan IoT, dimana sensor tegangan dan INA219 membaca arus dan tegangan dari panel surya kemudian data diterima oleh Arduino Uno. Arduino Uno menghitung daya dari tegangan dan arus yang terukur oleh kedua sensor tersebut. Data yang diolah oleh Arduino Uno kemudian ditampilkan pada LCD untuk perbandingan data dan dikirim ke modul wifi NodeMCU. Melalui jaringan internet, NodeMCU mengirim data ke *server Thingspeak* untuk penyimpanan *database*, kemudian data akan ditampilkan pada aplikasi *Thingview*.

Dalam pengembangan proyek berbasis IoT, *Thingspeak* dapat digunakan untuk melihat data hasil pemantauan sebelumnya serta data hasil pemantauan sekarang secara *real-time*. File data hasil pemantauan yang tersimpan pada *server Thingspeak* juga dapat diunduh atau di *export* dalam bentuk *spreadsheet* Excel. Pengaturan tampilan pada *web Thingspeak* melalui halaman *Channel Settings* meliputi pengaturan tata letak *widget* untuk menampilkan data tegangan, arus dan daya tampilan berupa grafik. Pada *web Thingspeak* istilah *widget* untuk penampil data disebut "*field*".

Channel Settings

Percentage complete 30%

Channel ID 867048

Name IoT Realtime Current Monitor

Description

Field 1 Tegangan Beban

Field 2 Arus

Field 3 Daya

Field 4 Tegangan Input

Field 5

Field 6

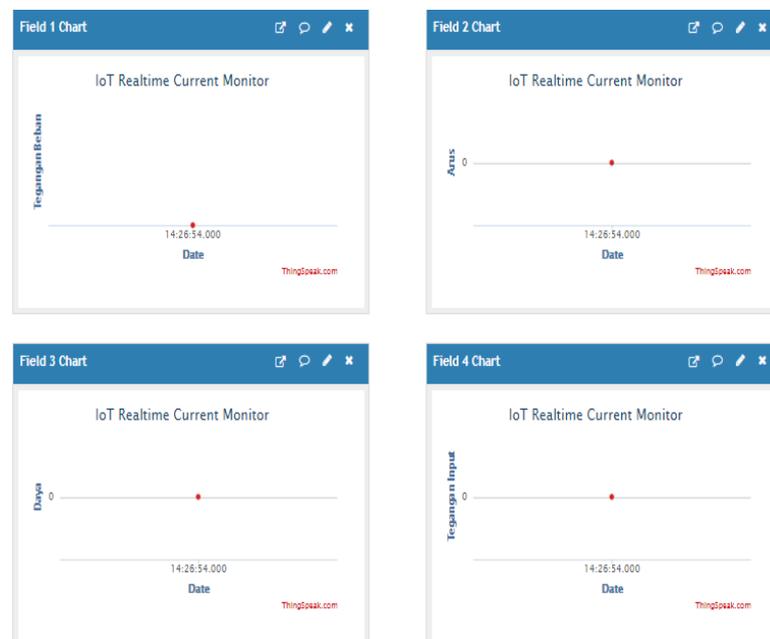
Field 7

Field 8

Gambar 6. Pengaturan tampilan pada *web Thingspeak* melalui halaman *Channel Settings*

Dari gambar 6 pengaturan tampilan pada *web Thingspeak* menggunakan 4 fungsi *field*. *Field 1*, *field 2* dan *field 3*. Masing-masing *field* digunakan untuk menampilkan data pembacaan tegangan beban, arus dan daya oleh sensor INA219. Pada *field 4* digunakan untuk menampilkan data pembacaan tegangan input dari keluaran panel surya oleh modul sensor tegangan. Dari pengaturan *field* tersebut, jika diimplementasikan dalam bentuk

templilan *web Thingspeak* akan tampil seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6. Proses *update* pengiriman data pada *server Thingspeak* menggunakan pengaturan secara *default* oleh sistem *Thingspeak*, yaitu mempunyai jeda waktu pengiriman data/*uploading* setiap 15 detik sekali. Hasil pengaturan *field* melalui halaman *Channel Settings* ditunjukkan oleh gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Desain tampilan *field* pada *web Thingspeak*

Agar *Thingview* dapat menampilkan data yang disimpan pada *server Thingspeak*, maka harus memasukkan *Channel ID* pada aplikasi *Thingview*

yang sesuai dengan yang tertera pada *web Thingspeak*. Kemudian memasukkan *API Key*.

Langkah-langkah pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan, antara lain : pengujian sensor arus dan tegangan (INA419), pengujian sensor tegangan, pengujian terhadap pemantauan tegangan dan arus beban keluaran dan tegangan yang dihasilkan panel surya melalui LCD maupun menggunakan IoT melalui Thingview. Alat ukur tegangan dan arus yang digunakan sebagai alat pembandingan pengukuran adalah multimeter digital. Dari hasil pengukuran tegangan menggunakan

multimeter dan pembacaan sensor tegangan yang ditampilkan melalui LCD 16 x 2 diperoleh nilai *error* menggunakan persamaan 1, dimana V_m merupakan hasil pengukuran tegangan menggunakan multimeter, dan V_{lcd} merupakan tampilan tegangan pada LCD (hasil pembacaan sensor tegangan).

$$Error = \frac{(V_m - V_{lcd})}{V_m} \times 100\% \dots(1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemantauan tegangan dan arus (Sensor INA219)

Pemantauan tegangan, arus dan daya pada penelitian ini dilakukan terhadap arus dan tegangan keluaran menuju beban. Data tegangan dan arus

didapatkan dari pembacaan oleh sensor INA219. Pemantauan arus dan daya dilakukan pada pukul 06.11 WIB sampai dengan pukul 06.46 WIB (ketika akan diberi beban, ketika diberi beban dan setelah diberi beban). Tabel 2 menunjukkan hasil pemantauan tegangan arus dan daya beban oleh sensor INA 219.

Tabel 2. Pemantauan tegangan arus dan daya beban oleh sensor INA 219

No	Jam (WIB)	Tegangan Beban (V)	Arus Beban (A)	Daya Beban (W)	No	Jam (WIB)	Tegangan Beban (V)	Arus Beban (A)	Daya Beban (W)
1	06.11	0,53	0,33	0,17	12	06.33	12,00	0,36	4,32
2	06.14	0,53	0,33	0,17	13	06.34	12,00	0,38	4,56
3	06.17	0,53	0,33	0,17	14	06.35	12,00	0,33	3,96
4	06.18	12,00	0,35	4,20	15	06.37	12,00	0,38	4,56
5	06.19	12,00	0,37	4,44	16	06.38	12,00	0,38	4,56
6	06.21	12,00	0,37	4,44	17	06.39	12,00	0,37	4,44
7	06.22	12,00	0,38	4,56	18	06.41	12,01	0,38	4,56
8	06.23	12,00	0,36	4,32	19	06.42	12,00	0,38	4,56
9	06.29	12,00	0,37	4,44	20	06.43	0,50	0,33	0,17
10	06.30	12,00	0,35	4,20	21	06.45	0,50	0,32	0,16
11	06.31	12,00	0,34	4,08	22	06.46	0,50	0,33	0,17

Dari hasil pemantauan arus dan tegangan oleh sensor INA219 yang disajikan dalam tabel 2, dalam kondisi terbuka (tidak ada beban yang dihubungkan), tegangan keluaran yang terukur oleh sensor INA219 adalah 0,53 volt dengan arus 0,33 ampere. Ketika diberikan beban, tegangan keluaran yang terukur oleh sensor INA219 adalah 12 volt dengan arus sekitar 0,35 hingga 0,38 ampere.

2. Pemantauan Tegangan Panel Surya

Pemantauan yang dilakukan pada percobaan ini ada dua tahap yaitu pemantauan tegangan keluaran panel surya dan pemantauan arus dan daya menuju beban. Pemantauan tegangan keluaran panel surya dilakukan ketika pagi hari (sekitar pukul 05.00 WIB) sampai sore hari (sekitar pukul 17.30 WIB). Pengambilan data dilakukan pada tanggal 9 November 2019.

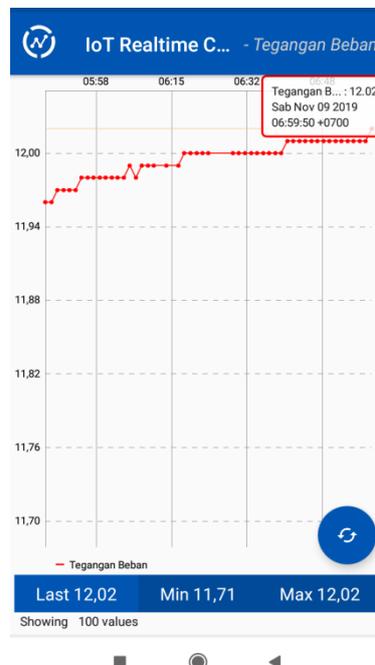
Tabel 2. Pemantauan tegangan keluaran panel surya

No	Jam (WIB)	Pembacaan Sensor Tegangan (volt)	No	Pukul (WIB)	Pembacaan Sensor Tegangan (volt)
1	04.55	1	13	07.18	17
2	05.02	2	14	07.41	16
3	05.31	3	15	08.31	17
4	05.35	11	16	13.01	19
5	05.36	12	17	15.32	12
6	05.37	13	18	15.34	10
7	05.54	14	19	15.36	9
8	06.46	15	20	15.37	8
9	06.51	14	21	15.42	5
10	06.58	15	22	15.45	4
11	07.06	16	23	16.34	11
12	10.09	12	24	17.20	0

Dari hasil pemantauan tegangan keluaran yang ditampilkan melalui LCD 16x2, data pada tabel menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan paling besar pada pukul 13.01 WIB yaitu sebesar 19 volt. Dan panel surya tidak menghasilkan tegangan pada pukul 17.20 WIB.

1. Pemantauan melalui Thingspeak

Pemantauan melalui Thingspeak pada penelitian ini meliputi pemantauan pada tampilan Aplikasi Thingview yang terinstall pada *smartphone*, dimana data tersebut tersimpan pada *server* Thingspeak. Pada keempat *field* yang telah dibuat, perubahan tampilan data terjadi setiap menit.

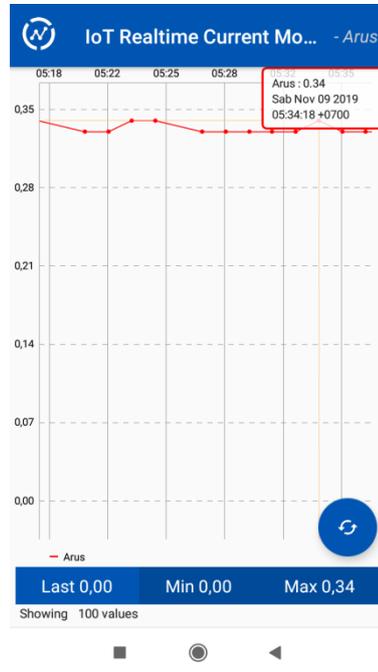


Gambar 8. Hasil tampilan pemantauan tegangan beban melalui Thingview

Pada 8 terdapat hasil pembacaan database via thingspeak pada *field* 1 menampilkan grafik

tegangan beban yang dihasilkan dari pembacaan sensor tegangan dan arus (INA219). Grafik pada gambar 8 menunjukkan bahwa tegangan yang

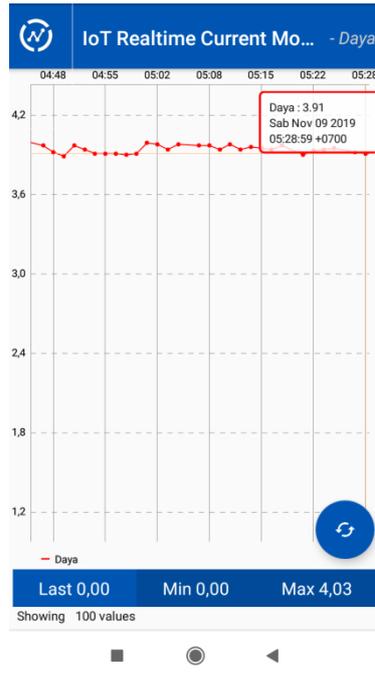
dikeluarkan oleh rangkaian SCC untuk menyuplai beban adalah sebesar 11,71 volt kemudian berangsur naik hingga 12,02 volt.



Gambar 9. Hasil tampilan pemantauan arus beban melalui *Thingview*

Pada gambar 9 adalah *field 2* yang menampilkan pembacaan arus beban yang dihasilkan dari pembacaan sensor tegangan dan arus (INA219), arus yang terbaca pada Thingview sekitar 0,34 ampere, sehingga daya yang ditampilkan pada *field 3* (untuk menampilkan pembacaan daya) adalah

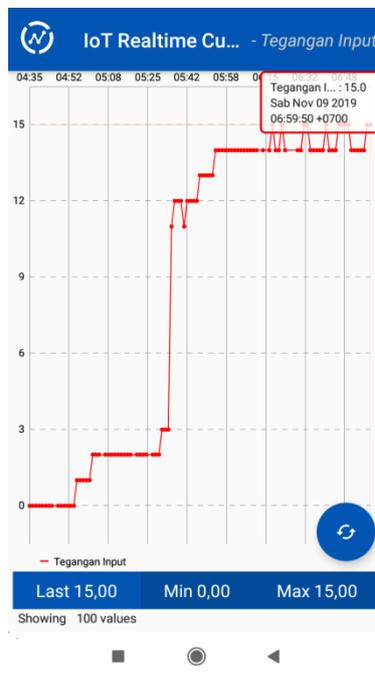
sekitar 4,03. Data daya yang ditampilkan pada *field 3* ini (gambar 10) kenaikan dan penurunan hasil pembacaanya tergantung dari pembacaan tegangan beban dan arus beban yang dihasilkan oleh sensor INA219.



Gambar 10. Hasil tampilan pemantauan daya beban melalui *Thingview*

Pada gambar 11 merupakan *field 4* yang digunakan untuk menampilkan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya melalui pembacaan sensor tegangan. Data berupa grafik pada gambar 11 adalah data

yang ditampilkan mulai pukul 04.35 WIB hingga pukul 06.59 WIB.



Gambar 10. Hasil tampilan pemantauan tegangan yang dihasilkan panel surya melalui *Thingview*

Dari pembacaan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya, nampak bahwa panel surya mulai menghasilkan tegangan sebesar 1 volt pada pukul 04.55 WIB dan berangsur naik hingga 15 volt pada pukul 06.31 WIB. Dari tampilan Thingview, panel surya mulai menghasilkan tegangan sebesar 12 volt pada pukul 05.36 WIB dimana matahari mulai terlihat sehingga radiasi sinar matahari dapat diserap oleh panel surya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai pemantauan arus dan tegangan panel surya berbasis *Internet of Things*, dapat disimpulkan bahwa:

- a. IOT dapat digunakan untuk memonitoring tegangan dan arus panel surya dari jarak jauh

dengan menggunakan aplikasi *Thingview* yang menampilkan data berupa grafik yang dikirim dari sistem panel surya kemudian disimpan pada database *Thingspeak* dengan jeda waktu pengiriman data/*uploading* setiap 15 detik sekali.

- b. Dari monitoring sistem panel surya terhadap tegangan dan arus beban oleh sensor INA219 tegangan akan naik menjadi 12 volt ketika ada beban dan arus naik menjadi 0,37 sampai dengan 0,38 ampere.
- e. Dari hasil monitoring tegangan yang dihasilkan panel surya, panel surya mampu menghasilkan tegangan secara maksimal sebesar 15 volt yang ditunjukkan melalui pembacaan pada LCD 16x2 dan melalui tampilan *Thingview*.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Y. S. Indartono, "Krisis Energi di Indonesia: Mengapa dan Harus Bagaimana," *Maj. Inov.*, vol. 18, 2008.
- [2] A. Adam and H. Amri, "PROTOTYPE MONITORING ARUS DAN TEGANGAN MENGGUNAKAN SMS GATEWAY," *MULTITEK Indones.*, vol. 13, no. 1, pp. 16–23, 2019.
- [3] M. R. Fachri, I. D. Sara, and Y. Away, "Pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara real time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, pp. 123–128, 2015.
- [4] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 87–98, 2016.
- [5] K. K. Patel, S. M. Patel, and others, "Internet of things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges," *Int. J. Eng. Sci. Comput.*, vol. 6, no. 5, 2016.
- [6] C. Wang, M. Daneshmand, M. Dohler, X. Mao, R. Q. Hu, and H. Wang, "Guest Editorial-Special issue on internet of things (IoT): Architecture, protocols and services," *IEEE Sens. J.*, vol. 13, no. 10, pp. 3505–3510, 2013.
- [7] D. Suryana, "Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus: Baristand Industri Surabaya)," *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [8] H. T. Monda, F. Feriyonika, and P. S. Rudati, "Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2018, vol. 9, pp. 28–31.
- [9] Y. Amri and M. A. Setiawan, "Improving Smart Home Concept with the Internet of Things Concept Using RaspberryPi and NodeMCU," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 325, no. 1, p. 12021.
- [10] M. R. Thakur, "NodeMCU ESP8266 Communication Methods and Protocols - Programming with Arduino IDE," 2018.