

Desain Sistem *Monitoring* Sistem *Photovoltaic* Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Winasis¹, Azis Wisnu Widhi Nugraha², Imron Rosyadi³, Fajar Surya Tri Nugroho⁴

Abstract— Photovoltaic (PV) system is an alternative solution to provide electricity at rural area. A common implementation problem at rural area is the PV power plant cannot be monitored continuously. This research proposes wireless node for PV power plant monitoring based on Internet of Things (IoT). Wireless node is aimed for monitoring electrical parameter from the PV and environmental parameter (temperature and solar radiation). Measured parameters are sent to the cloud database to be accessible via the internet. The device consist of a sensor module, signal processing module and wireless transceiver module. Wireless transceiver module is an ESP8266 for connection to the IoT gateway and to the internet. Unidirectional ACS758 is used for current sensing, which give a reading error of 0.091 Ampere. For voltage sensing, a voltage divider is used. It has a reading error of 0.063 Volt. DHT22 is used for temperature sensing. Its reading error is 0.0097 °C. The radiation sensor has a reading error of 0.3 W/m². Proposed design has been tested at Laboratorium of Energy Conversion, Electrical Engineering Department, UNSOED, on 300Wp PV system. This device provides reliable monitoring data transmission with average and deviation in delivery time consecutively 57 seconds and 2 seconds.

Intisari— Sistem *photovoltaic* (PV) merupakan solusi alternatif untuk menyediakan listrik di daerah pedesaan. Masalah penerapan sistem PV di area *remote* adalah pembangkit tidak dapat terpantau secara terus-menerus. Makalah ini mengusulkan *node* nirkabel untuk pemantauan pembangkit listrik PV berbasis *Internet of Things* (IoT). *Node* nirkabel bertujuan untuk memantau parameter listrik dari PV dan parameter lingkungan, yaitu suhu dan radiasi matahari. Parameter yang diukur akan dikirim ke *database cloud* agar dapat diakses melalui internet. Perangkat terdiri atas modul sensor, modul pemrosesan sinyal dan modul *transceiver* nirkabel. Modul *transceiver* nirkabel yang digunakan adalah *chip* wifi ESP8266, untuk koneksi ke *gateway* IoT dan ke internet. ACS75 *unidirectional* digunakan untuk penginderaan arus, yang memberikan kesalahan bacaan sebesar 0,091 Ampere. Penginderaan tegangan dilakukan menggunakan pembagi tegangan, dengan kesalahan bacaan sebesar 0,063 Volt. DHT22 digunakan untuk penginderaan suhu, dengan kesalahan bacaan sebesar 0,0097°C. Sensor radiasi memiliki kesalahan bacaan sebesar 0,3 W/m². Desain yang diusulkan telah diuji di Laboratorium Energi Konversi, Jurusan Teknik Elektro UNSOED, pada sistem PV 300Wp. Perangkat ini mampu menyediakan transmisi data pengamatan yang dapat diandalkan

dengan rata-rata dan deviasi waktu pengiriman berturut-turut 57 detik dan 2 detik.

Kata Kunci— *monitoring, remote, sistem PV, nirkabel, Internet of Things.*

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan, di antaranya energi matahari, saat ini telah menjadi alternatif dalam penyediaan energi listrik, terutama pada lokasi *remote* yang tidak dijangkau jaringan listrik PLN. Pembangunan pembangkit listrik energi matahari menggunakan sistem *photovoltaic* (PV) di daerah *remote* memberikan manfaat bagi masyarakat yang berdampak positif pada peningkatan kondisi ekonomi, sosial, maupun budaya.

Salah satu kendala pengoperasian sistem PV di daerah *remote* adalah permasalahan pemantauan pembangkit yang terpasang. Hal ini dapat berdampak pada keberlanjutan operasi pembangkit. Lokasi pembangkit yang tersebar di daerah *remote* dalam prakteknya menyulitkan pemantauan data kinerja pembangkit terpasang. *Monitoring* umumnya dilakukan secara manual sehingga parameter dan data *monitoring* yang diperoleh terbatas, tidak kontinu, dan tidak lengkap. Selain itu pengamatan oleh operator secara lokal memiliki kelemahan ketika unit pembangkit berada pada lokasi yang tersebar karena harus mendatangi lokasi tiap pembangkit.

Perancangan perangkat dan sistem *monitoring* sistem PV di daerah *remote* diperlukan untuk memantau kinerja sistem PV dan menjaga keberlanjutan unit pembangkit terpasang. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, perangkat dan sistem *monitoring* dapat dirancang agar dapat memonitor unit pada lokasi berbeda. Data pemantauan juga diharapkan dapat diakses melalui jaringan internet atau *website* oleh operator dan pihak yang berkepentingan.

Beberapa penelitian telah membahas berbagai aplikasi sistem *monitoring* energi listrik. Dalam perkembangannya, sistem *monitoring* dirancang dapat dipantau secara lokal [1], secara *remote* menggunakan modem GSM sebagai transmisi data [2], dan juga berbasis *web* melalui jaringan internet [3] - [5]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutedjo, implementasi *web-scada* digunakan untuk memonitor dan mengontrol sistem pembangkit hibrida surya-angin secara *remote* melalui jaringan internet. Hubungan ke jaringan internet dilakukan melalui komputer *server* dengan komunikasi antara sensor, *remote terminal*, dan komputer *server* dalam penelitian tersebut masih memakai jaringan kabel menggunakan komunikasi serial dan *Local Area Network* [6].

^{1,2,3} Dosen, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jenderal Soedirman. Jln Mayjen Sungkono km 5 Kalimanah Purbalingga 53371 (tlp: 0281-6596700; e-mail : waseis@yahoo.com)

⁴ Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jenderal Soedirman. Jln Mayjen Sungkono km 5 Kalimanah Purbalingga 53371 (tlp: 0281-6596700)

Sistem pemantauan menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) juga telah dikembangkan. WSN telah dikenal dan digunakan untuk aplikasi pemantauan dan kontrol *remote* karena biaya dan konsumsi dayanya yang rendah. Implementasi pemantauan menggunakan WSN antara lain perancangan pemantauan *real time* berbasis WSN dengan protokol Zigbee untuk pemantauan suhu dan gas karbon monoksida [7]. WSN juga digunakan untuk memonitor dan mengontrol parameter tegangan, arus, dan temperatur, sehingga dapat mengurangi konsumsi energi pada sebuah *smart home* [8].

Seiring perkembangan teknologi komunikasi nirkabel, sistem tertanam, serta jaringan komputer dan internet, perancangan sistem *monitoring* dan kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) akhir-akhir ini banyak dikembangkan. IoT didefinisikan sebagai jaringan dari objek yang tertanam bersama sensor -sensor dan terkoneksi dengan internet [9]. IoT adalah jaringan dari objek fisik atau "*things*" tertanam dengan perangkat elektronik, perangkat lunak, sensor, dan konektivitas jaringan, yang memungkinkan objek tersebut mengumpulkan dan melakukan pertukaran data. IoT memungkinkan objek untuk dirasakan dan dikendalikan dari jarak jauh di seluruh infrastruktur jaringan yang ada, menciptakan peluang untuk integrasi yang lebih langsung antara dunia fisik dan sistem berbasis komputer, dan mengakibatkan peningkatan efisiensi, akurasi, dan manfaat ekonomi. Setiap objek secara unik diidentifikasi melalui sistem komputasi tertanam tetapi mampu beroperasi dalam infrastruktur internet yang ada.

Aplikasi *monitoring* dan pengendalian berbasis IoT antara lain dikembangkan untuk mengontrol peralatan pada *smart home* [10] dan *monitoring* status jaringan distribusi tenaga listrik [11] berbasis teknologi IoT. Sementara itu, beberapa literatur membahas arsitektur generik IoT untuk *smart cities* [12] dan untuk peralatan tertanam (*embedded*) [13].

Pada makalah ini dirancang *node* nirkabel berbasis IoT untuk pemantauan daya listrik dan parameter lingkungan pada sistem PV. Rancangan sistem pemantauan yang dikembangkan berbasis IoT ini akan sangat membantu pemantauan pembangkit pada daerah *remote*, oleh pihak-pihak yang berkepentingan, meskipun tidak berada pada lokasi pembangkit. Hasil pemantauan energi listrik tersebut dikirimkan secara nirkabel ke jaringan internet melalui sebuah perangkat *wireless router* dan modem GSM.

II. METODOLOGI

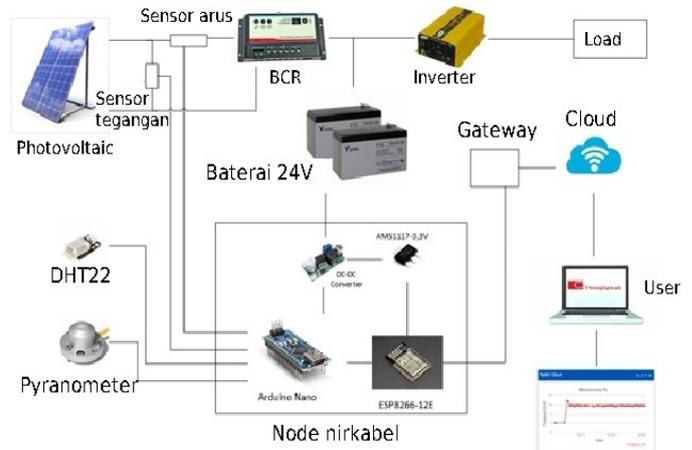
Pembahasan bagian ini meliputi perancangan perangkat keras berupa perangkat sensor dan *node* sensor nirkabel, perancangan perangkat lunak, dan pengujian perangkat yang telah dibuat.

A. Rancangan Sistem

Desain sistem *monitoring* ini dapat dilihat pada Gbr. 1. Secara umum rancangan sistem *monitoring* ini terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut.

1. Modul sensor, meliputi sensor tegangan DC, sensor arus DC, sensor radiasi matahari dan sensor temperatur.

2. *Node* nirkabel, terdiri atas perangkat pengkondisi sinyal dan pemroses data, *wireless transceiver* untuk komunikasi data antara *node* dengan *IoT gateway*, dan rangkaian catu daya.
3. *IoT gateway*, berupa *wireless router* dengan akses internet menggunakan modem GSM.



Gbr. 1 Rancangan sistem *monitoring* daya listrik dan parameter lingkungan sistem PV berbasis IoT.

Spesifikasi perangkat sistem *monitoring* diperlihatkan pada Tabel I.

TABEL I
SPESIFIKASI SISTEM *MONITORING*

Tegangan nominal sistem PV	24 V DC
Sensor arus PV	ACS758 50A <i>unidirectional hall effect current sensor</i>
Sensor tegangan	Pembagi tegangan
Sensor radiasi matahari	Pyranometer SP- Lite 2
Sensor suhu	DHT 22
Pengolah data	Arduino Nano
<i>Wireless transceiver</i>	ESP8266
<i>Internet of Things gateway</i>	Router dengan modem GSM
Protokol komunikasi	802.11 (Wi-Fi)
Catu daya <i>node</i> nirkabel	Konverter DC - DC 24 V ke 5V

B. Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan seperti Gbr. 2 dengan tegangan keluaran sensor dirumuskan seperti pada (1).

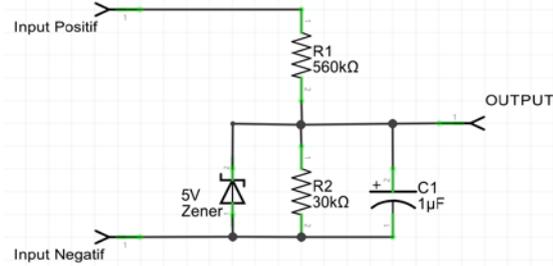
$$V_0 = V_1 \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \tag{1}$$

Rangkaian pembagi tegangan menurunkan tegangan PV ke tegangan yang lebih rendah dengan nilai maksimal tegangan keluaran adalah 5 volt. Nilai tegangan ini merupakan batas maksimal tegangan yang dapat dibaca oleh Arduino.

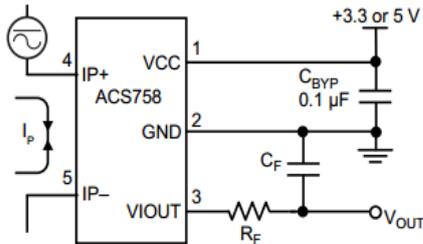
C. Sensor Arus

Sensor ini menggunakan ACS758LCB-050U yang merupakan sensor arus *unidirectional* dengan kemampuan

membaca arus sampai dengan 50A. Rangkaian sensor arus diperlihatkan pada Gbr. 3.



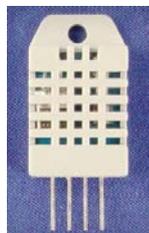
Gbr. 2 Rangkaian sensor tegangan.



Gbr. 3 Rangkaian sensor arus.

D. Sensor temperatur

Sensor temperatur yang digunakan adalah DHT22. DHT22 adalah sebuah sensor untuk mengukur temperatur maupun kelembaban udara. Sensor DHT ini memiliki dua bagian, yaitu bagian sistem kelembaban kapasitif dan termistor. Sinyal digital yang dihasilkan oleh sensor ini mudah dibaca oleh *microcontroller* apapun. Bentuk fisik sensor DHT22 ditunjukkan oleh Gbr. 4.



Gbr. 4 Sensor temperatur DHT22.

E. Sensor radiasi matahari

Selain suhu dan kelembaban udara, parameter lingkungan lainnya yang diukur untuk mengamati unjuk kerja sistem *photovoltaic* adalah radiasi matahari. Radiasi matahari dapat diukur menggunakan sensor piranometer, seperti ditunjukkan pada Gbr. 5.

Spesifikasi piranometer yang digunakan disajikan pada Tabel II. Keluaran sensor piranometer yang digunakan dalam sistem *monitoring* ini sangat kecil, yaitu dalam jangkauan 0 - 70 mV pada radiasi matahari antara 0 - 1000 W/m².

Keluaran piranometer diperkuat menggunakan rangkaian penguat. Spesifikasi penguat disajikan pada Tabel III. Perangkat penguat mengubah tegangan menjadi arus sebagai keluarannya. Keluaran arus pada perangkat ini dapat diubah menjadi tegangan dengan memasang resistor *shunt*.



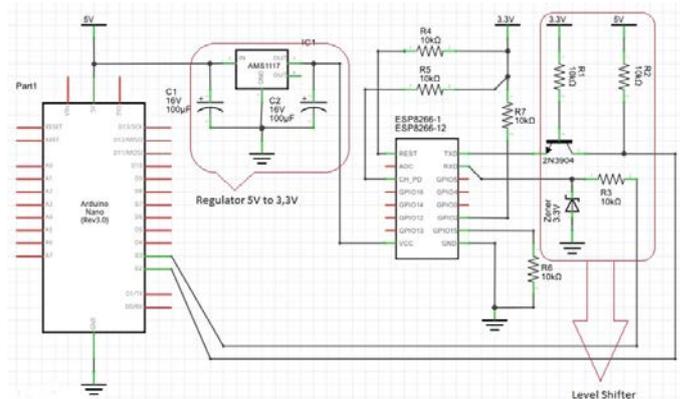
Gbr. 5 Sensor radiasi matahari piranometer SP Lite 2.

TABEL II
SPESIFIKASI PIRANOMETER

<i>Spectral Range</i>	400 to 1100 nm
<i>Response Time</i>	<500 ns
<i>Non-Linearity</i>	<1%
<i>Temperature Dependence</i>	-0,15% / °C
<i>Directional Error</i>	10 W/m ²
<i>Sensitivity</i>	60 to 100 μV/W/m ²
<i>Non-stability (change/year)</i>	< 2%

TABEL III
SPESIFIKASI PENGUAT PIRANOMETER

Jangkauan Masukan	-12 to +150 mV
Jangkauan Keluaran	4 to 20 mA
Penguatan	2 mV/mA (<i>adjustable</i>)
Jangkauan Suhu saat Beroperasi	-40 to +85 °C
Standar Proteksi	IP66
Dimensi	64 x 98 x 34 mm



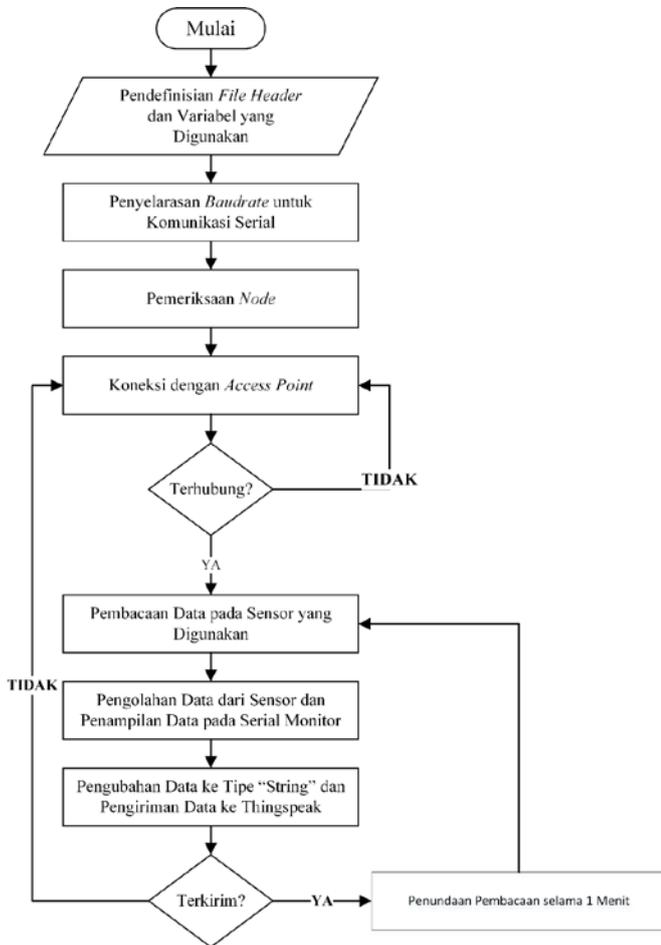
Gbr. 6 Rangkaian *node* nirkabel.

F. Rancangan Node Nirkabel

Node nirkabel yang dikembangkan berupa *board* yang mengintegrasikan bagian pengolah data (Arduino Nano) dengan modul *WiFi transceiver* ESP8266-12 untuk melakukan komunikasi dengan *gateway* internet. Pada *node* terdapat masukan dan keluaran untuk Arduino dalam membaca sensor. *Node* ini mendapatkan suplai daya dari baterai sistem melalui konverter DC-DC untuk kebutuhan catu daya 5V Arduino dan sensor, dan IC regulator AMS1117 untuk catu daya 3,3V modul ESP8266. Komunikasi serial antara Arduino dan modul *transceiver* menggunakan dua jalur yang dihubungkan melalui rangkaian *level shifter*. Gbr. 6 merupakan rangkaian *node* nirkabel yang dikembangkan.

G. Rancangan Perangkat Lunak

Rancangan perangkat lunak dikembangkan dan dipasang pada *node* nirkabel sehingga *node* nirkabel mampu melakukan pengukuran besaran parameter yang dipantau, mengolah hasil pengukuran, dan mengirimkan data pengukuran ke jaringan internet melalui *WiFi transceiver*. Gbr. 7 menunjukkan diagram alir rancangan perangkat lunak yang dibuat.



Gbr. 7 Diagram alir perangkat lunak sistem monitoring.

Untuk fungsi pencatatan (*logging*), pengolahan data, serta penampilan dan akses data melalui jaringan internet, digunakan layanan *web server* Thingspeak yang merupakan *open data platform* untuk IoT. Aplikasi yang dapat dilakukan antara lain mengumpulkan data sensor secara *real time* dan mengirimkan ke *cloud*, penyimpanan data hasil pengukuran, analisis dan visualisasi data, fungsi alarm, dan penjadwalan.

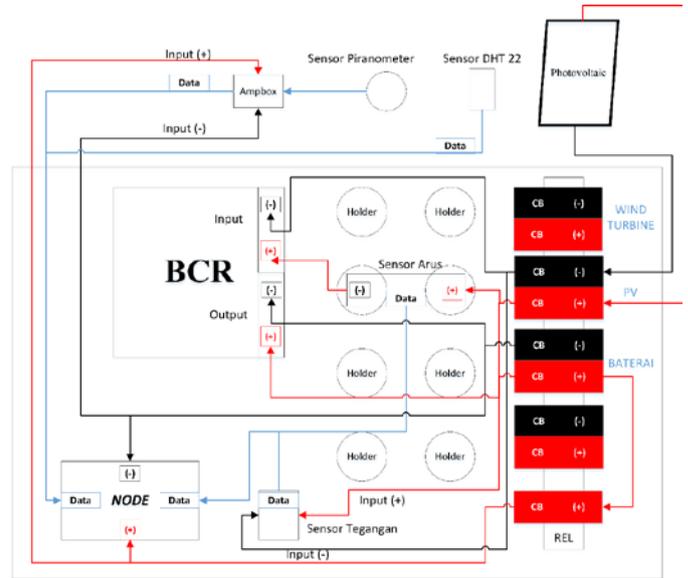
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Rancangan

Rancangan sistem *monitoring* diimplementasikan dan diujikan pada sistem PV 300Wp di Laboratorium Konversi Energi dan Sistem Tenaga Listrik Teknik Elektro UNSOED. Gbr. 8 memperlihatkan perangkat *node* sensor nirkabel yang dikembangkan. Sedangkan diagram blok instalasi *node* nirkabel dan sensor pada sistem ini diperlihatkan pada Gbr. 9.



Gbr. 8 Perangkat node sensor nirkabel.



Gbr. 9 Layout perangkat keras komponen sensor dan node nirkabel.

B. Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor arus serta membandingkan nilai hasil pengolahan oleh *node* dengan nilai hasil pengukuran yang diukur dengan DC *clampmeter*. Tabel IV menyajikan hasil pengujian sensor arus.

TABEL IV.
HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS

Nilai Pengukuran Arus (A)	Keluaran Sensor (V)	Hasil Pengolahan Data oleh Node (A)	Error
0	0,55	0	0
3,88	0,75	3,78	-0,1
3,88	0,70	3,68	-0,2
3,88	0,77	3,85	-0,03
3,88	0,74	3,76	-0,12
6,42	0,88	6,40	-0,02
6,42	0,91	6,44	0,02
6,42	0,8	6,35	-0,07
7,94	1,06	7,86	-0,08
9,43	1,12	9,35	-0,08

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat sensor arus yang dibuat bekerja dengan baik dengan sensitivitas sensor

sebesar 61 mV/A. Nilai kesalahan pembacaan sensor arus dihitung menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) seperti pada (2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

Dari hasil pengujian diketahui nilai RMSE sensor arus yang dibuat adalah 0,091A.

C. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian perangkat keras sensor tegangan ini mensimulasikan perubahan tegangan pada sistem *photovoltaic* dengan menggunakan catu daya DC variabel. Tegangan catu daya divariasikan dari 0 hingga 30 V. Hasil pengujian tersaji pada Tabel V.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

Tegangan catu daya terukur (V)	Keluaran Sensor (V)	Tegangan Pembacaan Node (V)	Error
0	0	0	0
5	0,256	5,1	0,1
10	0,511	9,97	-0,03
10	0,508	9,90	-0,1
15	0,761	14,96	-0,04
15	0,772	15,08	0,08
20	1,030	20,08	0,08
20	1,014	20,01	0,01
25	1,272	25,05	0,05
30	1,523	30,04	0,04

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terlihat sensor tegangan memiliki kesalahan pembacaan sebesar 0,063V.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN SENSOR RADIASI MATAHARI

Hasil Pengukuran (w/m^2)	Keluaran sensor (mV)	Keluaran Ampbox (V)	Pembacaan oleh node (w/m^2)	Error
371,3	24,7	1,67	371,02	0,0784
458	31,1	1,83	458,11	0,0121
554,3	34,7	1,96	554,1	0,04
600	46	2,25	599,78	0,0484
712	49,4	2,41	712,12	0,0144
816,3	53,1	2,52	816,47	0,0289
818,9	54,4	2,58	819,08	0,0324
839,2	56,3	2,61	840	0,64
860	56,7	2,62	860,22	0,0484
945,5	63,2	2,85	945,55	0,0025

D. Pengujian Sensor Radiasi Matahari

Pengujian sensor radiasi matahari meliputi pengujian keluaran sensor pada berbagai intensitas radiasi matahari, pengujian keluaran penguat sensor radiasi matahari, dan hasil pengolahan data pembacaan oleh *node*. Hasil pengujian disajikan pada Tabel VI. Perbandingan hasil pembacaan oleh *node* sensor dengan hasil pengukuran menggunakan Solar Power Meter menunjukkan *error* yang sangat kecil, rata-rata

sebesar 0,095 W/m^2 , sehingga disimpulkan *node* sensor dapat membaca data radiasi matahari dengan baik.

E. Pengujian Sensor Temperatur

Pengujian sensor temperatur hanya dilakukan dengan pengujian untuk membandingkan nilai suhu yang dibaca oleh termometer dengan nilai suhu hasil pembacaan oleh *node*. Hasil pengujian disajikan pada Tabel VII. *Error* pembacaan sensor rata-rata adalah sebesar 0,0097 °C.

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN SENSOR TEMPERATUR

Hasil Pengukuran dengan Termometer (Celcius)	Suhu Pembacaan Node (Celcius)	Error
24	23,90	0,01
26	26,11	0,0121
26	26,01	0,0001
27	27,12	0,0144
27	27,02	0,0004
30	30,06	0,0036
34	34,12	0,0144
28	28,01	0,0001
39	38,89	0,0121
37	37,11	0,0121

F. Pengujian Node Nirkabel

Pengujian *node* nirkabel meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak. Pengujian perangkat keras dilakukan dengan melakukan pemeriksaan pada *board* yang sudah dibuat, berupa pengujian konektivitas, catu daya, dan nilai tegangan referensi *node* nirkabel. Pengujian perangkat lunak dilakukan melalui empat tahap, yaitu tahap pemeriksaan komunikasi serial antara Arduino Nano dengan ESP 8266, pemeriksaan koneksi ke *access point*, pemeriksaan pembacaan data dari sensor dan pengolahan data, serta pemeriksaan terkirimnya data ke Thingspeak.

G. Analisis dan Pembahasan

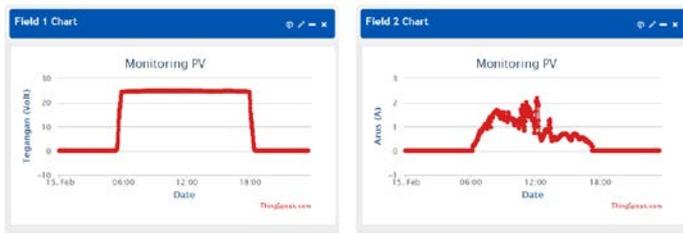
Keseluruhan rancangan sistem *monitoring* yang telah dibuat diujikan pada sistem PV 300 Wp di Laboratorium Konversi Energi dan Sistem Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro UNSOED. Pengamatan dilakukan untuk menguji kinerja sistem *monitoring*.

Data pengamatan selama 24 jam pada 17 Februari 2016 dari jam 00.00 WIB sampai jam 24.00 WIB diperlihatkan pada Gbr. 10 sampai Gbr. 12. Data diambil dalam keadaan cuaca yang berawan dan cerah. Data keluaran sistem *photovoltaic* yang dipantau meliputi arus, tegangan, dan daya listrik modul PV, sedangkan data parameter lingkungan yang dipantau adalah radiasi matahari dan temperatur. Nilai arus dan daya PV sebanding dengan radiasi matahari sebagaimana diperlihatkan pada data pemantauan.

Desain selang waktu pengiriman data pemantauan adalah setiap 60 detik. Tabel VIII menunjukkan data waktu pengiriman hasil pemantauan sistem *monitoring*.

Rata-rata selang waktu pengiriman data pemantauan ke *server* sebesar 57 detik dengan standar deviasi waktu

pengiriman sebesar 2 detik (3,3% dari waktu desain). Hasil pengujian tersebut menunjukkan sistem mampu mengirimkan data pemantauan secara handal.



Gbr. 10 Tampilan *monitoring* tegangan dan arus.



Gbr. 11 Tampilan *monitoring* kelembaban dan suhu.



Gbr. 12 Tampilan radiasi matahari dan daya PV.

TABEL VIII
WAKTU PEMANTAUAN SISTEM *MONITORING*.

Desain interval waktu pengiriman	60 detik
Rata-rata interval waktu pengiriman	57 detik
Minimum waktu pengiriman	47 detik
Maksimum waktu pengiriman	1 menit 33 detik
Standar deviasi waktu pengiriman	2 detik

Pengamatan terhadap konsumsi daya yang digunakan oleh perangkat *node* sensor nirkabel juga dilakukan dengan mengukur arus yang mengalir. Berdasarkan hasil pengukuran, konsumsi arus berubah antara 0,035 A sampai 0,05 A dari tegangan sumber 24 V (atau 0,84 W sampai 1,2 W), tergantung pada kondisi perangkat. Konsumsi daya perangkat paling tinggi adalah pada saat modul *transceiver* melakukan pengiriman data.

IV. KESIMPULAN

Makalah ini menyajikan rancangan sistem *monitoring* nirkabel untuk memantau energi listrik dan parameter lingkungan pada sistem *photovoltaic* berbasis IoT. Rancangan meliputi perangkat keras *node* nirkabel dan perangkat lunak untuk mengolah data pemantauan serta mengirimkannya ke server pemantauan secara nirkabel melalui sebuah *router* dan

modem GSM. Rancangan prototipe yang dikembangkan diujikan pada skala laboratorium untuk mengetahui fungsi dari sistem *monitoring*. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui sistem *monitoring* dapat bekerja dengan baik menampilkan data hasil pengukuran secara *real time* melalui *web browser*. Perangkat *node* dapat membaca dan mengolah data keluaran sensor dengan tingkat *error* yang kecil (dibawah 1,69%), serta mengirimkan data pemantauan ke internet dengan rata-rata waktu pengiriman sebesar 57 detik dari desain waktu pengiriman 60 detik, dan deviasi waktu pengiriman sebesar 2 detik.

V. REFERENSI

- [1] Zahran Mohamed, Atia Yousry, Al-Husein Abdullah, El-Sayed Ihab, "LabVIEW Based Monitoring System Applied for PV Power Station", *Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation*, 2010.
- [2] Shariff, F., Rahim, N.A., Ping, H.W., "Photovoltaic remote monitoring system based on GSM", *IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT)*, 2013, Page(s): 379 - 383.
- [3] Li Wang, Kuo-Hua Liu, "Implementation of a Web-Based Real-Time Monitoring and Control System for a Hybrid Wind-PV-Battery Renewable Energy System", *International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems, ISAP*, 2007, Page(s): 1 - 6.
- [4] Kopacz Cs., Spataru S., Sera D, Kerekes, "Remote and Centralized Monitoring of PV Power Plants", *International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment OPTIM*, May 22-24, 2014.
- [5] Iskandar Dadang, Santosa P. Insap, "Sistem Informasi Gardu Induk dan Gardu Distribusi Berbasis Web", *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, Vol 2 No 2, Mei 2013.
- [6] Soetedjo Aryuanto, Nakhoda Yusuf Ismail, Lomi Abraham, Farhan. "Web-SCADA for Monitoring and Controlling Hybrid Wind-PV Power System", *TELKOMNIKA*, Vol.12, No.2, June 2014, pp. 305-314.
- [7] Pamungkas Johan, Wirawan, "Desain Real-Time Monitoring Berbasis Wireless Sensor Network Upaya Mitigasi Bencana Erupsi Gunungapi", *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, Vol 4 No 3, Agustus 2015.
- [8] Agalya M, Nancy S, Selvarasu R, "Home Automation System Using Wireless Sensor Networks", *International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE)*, Volume 13 Issue 2 – MARCH 2015.
- [9] Minerva Roberto, Biru Abyi, Rotondi Domenico, 2015, Towards Definition Internet of Things (IoT). diakses dari http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf.
- [10] Li Wang, Kuo-Hua Liu. "Implementation of a Web-Based Real-Time Monitoring and Control System for a Hybrid Wind-PV-Battery Renewable Energy System", *International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems, ISAP*, 2007, Page(s): 1 – 6.
- [11] Qing-Hai Ou, Wang Zheng, Zhen Yan, Li Xiang-Zhen, "Status Monitoring and Early Warning System for Power Distribution Network Based on IoT Technology", *3rd International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)*, Page(s): 641 - 645. Dalian 12-13 Oct. 2013.
- [12] Ganchev, I., Zhanlin Ji, O'Droma, M., "A generic IoT Architecture For Smart Cities", *Irish Signals & Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communications Technologies (ISSC 2014/CICT 2014)*, Limerick 26-27 June 2013.
- [13] Yashiro, T., Kobayashi, S., Koshizuka, N., Sakamura, K., "An Internet of Things (IoT) Architecture For Embedded Appliances", *Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, 2013 *IEEE Region 10*; Page(s): 314 - 319 . Sendai 26-29 Aug. 2013.