

# RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN DATA *LOGGER* BERBASIS ATMEGA 2560.

## *DESIGNING SOLAR PANELS MONITORING SYSTEMS USING DATA LOGGERS BASED ON ATMEGA 2560.*

Yendi Surya Agung<sup>1</sup>, Wahmisari Priharti, M.Sc.,Ph.D.<sup>2</sup>, Dr.Eng.Asep Suhendi, S.Si., M.Si. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prodi S1 Teknik Elektro, <sup>2</sup> Fakultas Teknik Elektro, <sup>3</sup> Universitas Telkom

<sup>1</sup>yendisuryagung@telkomuniversity.ac.id, <sup>23</sup>

---

### Abstrak

Matahari merupakan salah satu contoh dari berbagai macam sumber energi terbarukan sebagai alternatif untuk mengatasi krisis energi. Energi radiasi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan instrumen panel surya. Banyak penelitian mengenai peningkatan fungsi kerja/efisiensi dari panel surya, namun pada segi pengukuran parameter masih menggunakan alat ukur konvensional untuk pembacaan nilai parameter tersebut.

Dalam penelitian ini telah dibangun sebuah alat pemantauan parameter panel surya yang dirancang dalam bentuk sebuah kit yang ringkas bagi pengguna, pada sistem ini memiliki sub-sistem pengukuran tegangan listrik dengan akurasi sensor tegangan DC sebesar  $\pm 0,518\%$ ; pengukuran arus listrik dengan akurasi sensor INA219 sebesar  $\pm 2\%$ ; pengukuran suhu panel dengan akurasi sensor LM35 DZ sebesar  $\pm 3,721\%$ ; pengukuran intensitas cahaya dengan akurasi sensor GY-49 sebesar  $\pm 0,913\%$ ; serta sub-sistem logger sebagai fitur untuk akuisisi data. Alat ini diuji coba dengan menggunakan panel surya polycrystalline 20 WP yang telah diatur sudut pemasangan pada setiap waktunya dan diperoleh efisiensi rata-rata pada panel surya sebesar 8%.

**Kata Kunci :** Alat Pemantauan, Panel surya, Sensor, Sistem *logger*.

---

### Abstract

*The sun is one example of various renewable energy sources as an alternative to overcoming the energy crisis. Solar radiation energy can be converted into electrical energy by using solar panel instruments. Many studies regarding the improvement of work functions/efficiency of solar panels, but in terms of measurement parameters still use conventional measuring devices for reading the value of these parameters.*

*In this research a solar panel parameter monitoring tool has been built which is designed in the form of a compact kit for the user, in this system has a sub voltage measurement system with an accuracy of DC voltage sensor of  $\pm 0,518\%$ ; electric current measurement with INA219 sensor accuracy of  $\pm 2\%$ ; panel temperature measurement with LM35 DZ sensor accuracy of  $\pm 3,721\%$ ; measurement of light intensity with GY-49 sensor accuracy of  $\pm 0,913\%$ ; and the logger sub-system as a feature for data acquisition. This tool was tested using a 20 WP polycrystalline solar panel that has been set at an angle of installation at any time and obtained average efficiency on solar panels by 8%.*

**Keywords:** *Monitoring Tools, Solar Panels, Sensors, Logger Systems.*

---

### 1. Pendahuluan

Permasalahan mengenai krisis energi semakin ramai diperbincangkan, seperti yang dilansir pada berita di situs KOMPAS.com, bahwa Indonesia memproduksi minyak bumi hanya dapat bertahan sampai 12 tahun ke depan saja, bila tidak menemukan cadangan minyak baru, maka akan di pastikan pada 12 tahun kedepan Indonesia akan kehabisan minyak bumi [1]. Sehingga kebanyakan orang telah beralih ke energi terbarukan untuk memenuhi konsumsi energi, matahari merupakan salah satu contoh sumber energi terbarukan dari berbagai energi alternatif lainnya yang hampir tidak habis dan sangat ramah lingkungan yang dapat ditawarkan sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi, salah satu dari berbagai kelebihan dari panel surya ini adalah praktis dalam penginstalasian serta penggunaannya, sehingga pada kalangan rumah tangga pun dapat diimplementasikan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya ini. Jika seluruh masyarakat Indonesia yang mempunyai tempat tinggal memiliki panel surya di setiap atap rumahnya, hal tersebut dapat menekan pembayaran yang dikeluarkan oleh kepala keluarga dalam tagihan listrik, hal ini membuat rumah tangga di Indonesia menjadi semakin mandiri terhadap energi listrik dan tidak lagi bergantung sepenuhnya pada listrik dari PLN.

Penggunaan alat semi konduktor photovoltaic / panel surya mampu mengubah radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai penyuplai daya listrik, dalam praktiknya banyak faktor yang dapat menyebabkan berkurangnya kinerja sel surya tersebut, seperti material pada panel surya, temperatur, intensitas cahaya serta sudut datang cahaya [2]. Pada penelitian ini panel surya yang akan dijadikan alat percobaan ialah panel surya jenis *Polycrystalline* dengan efisiensi sebesar 13%.

Banyak dari penelitian yang telah dilakukan mengenai topik analisis keluaran daya listrik dan efisiensi panel surya ini, tetapi pada penelitian tersebut masih menggunakan alat ukur konvensional untuk percobaan analisis. Maka dari itu penulis akan membuat suatu sistem pemantauan yang dapat menggabungkan semua variabel mulai dari nilai tegangan, nilai arus, nilai suhu serta nilai intensitas cahaya dalam kesatuan sebuah kit, sehingga dapat

mempermudah penggunaannya untuk mengakuisisi nilai tegangan, arus, suhu, serta intensitas cahaya pada panel surya, tidak hanya itu sistem logger juga akan digunakan, sehingga dapat membantu peneliti untuk menyimpan data pengujian secara Real Time.

## 2. Konsep Dasar

### 2.1 Energi Listrik dan Daya Listrik

Dalam sebuah rangkaian yang memiliki suatu beban bila diberi beda potensial akan menyebabkan muatan listrik dan arus akan mengalir, maka energi listrik dapat dinyatakan [7]:

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt atau Joule/second)

V = Beda Potensial (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

### 2.2 Photovoltaik

Photovoltaik merupakan instrumen yang dapat digunakan untuk konversi energi cahaya menjadi energi listrik dengan menggunakan bahan semikonduktor berupa silikon dan fosfor untuk tipe N serta silikon dan boron untuk tipe P, Sistem photovoltaik ini didasari oleh prinsip efek photoelektrik yang dikemukakan pada teori Maxwell, Maxwell menyatakan bahwa cahaya dapat dianggap spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda, Tetapi Einstein melakukan pendekatan yang berbeda mengenai efek fotoelektrik, bahwasanya efek photoelektrik merupakan partikel diskrit atau quanta energi dari cahaya [2].

### 2.4 Pengukuran dan Kesalahan

Di dalam pengukuran diperlukan sebuah instrumen sebagai suatu cara fisis untuk menentukan suatu besaran atau variabel, instrumen dapat membantu peningkatan keterampilan manusia untuk menentukan nilai dari suatu besaran yang tidak diketahui [14]. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan bila ingin memilih suatu alat ukur, antara lain :

#### 1. Akurasi atau Ketelitian

Akurasi atau Ketelitian adalah beda maksimum antara penunjukan instrumen dengan nilai sebenarnya, akurasi sering disebut juga dengan eror maksimum. Persamaan untuk mendapatkan nilai akurasi yaitu [15]:

$$Akurasi = \left( \frac{Vr - Va}{Va} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Di mana :

Vr = Hasil Pengukuran

Va = Harga/nilai sebenarnya dari besaran yang diukur

#### 2. Nilai Rata-Rata

Nilai yang paling mungkin dari suatu variabel yang diukur adalah nilai rata-rata dari semua pembacaan yang dilakukan, pendekatan paling baik akan diperoleh bila jumlah pembacaan untuk suatu besaran sangat banyak. Nilai rata-rata diberikan oleh persamaan :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

Di mana :

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata

$x_1, x_2, \dots, x_n$  = pembacaan yang dilakukan

n = Jumlah pembacaan

#### 3. Kesalahan

Kesalahan-kesalahan sistematis dapat dibagi dalam kesalahan statis dan kesalahan dinamis. Kesalahan statis disebabkan oleh pembatasan-pembatasan alat ukur atau hukum-hukum fisika yang mengatur tingkah laku alat ukur tersebut, sedangkan kesalahan-kesalahan dinamis disebabkan oleh ketidakmampuan instrumen untuk memberikan respons (tanggapan) yang cukup cepat bila terjadi perubahan-perubahan dalam variabel ukur. Salah satu cara untuk menentukan kesalahan-kesalahan acak secara statis pada suatu alat ukur ialah dengan menggunakan standar deviasi, di mana standar deviasi merupakan akar dari penjumlahan semua penyimpangan (deviasi) setelah dikuadratkan dibagi dengan banyaknya pembacaan. Secara matematis dituliskan [14]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}} = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}{n}} \quad (4)$$

Di mana :

$\sigma$  = Standar Deviasi

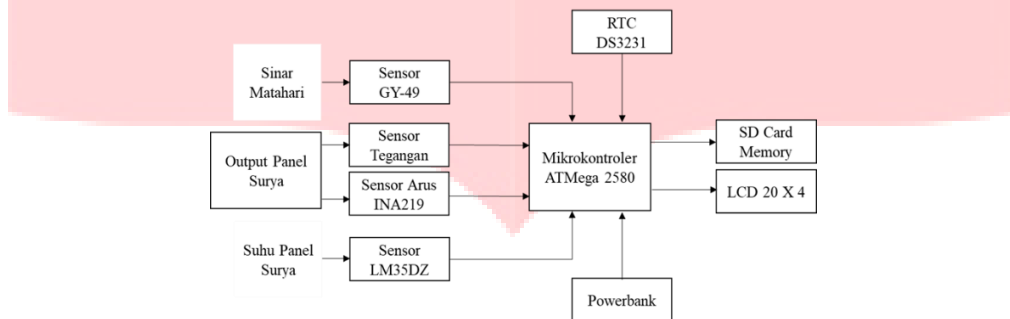
dn = Deviasi Ke-n

Sedangkan kesalahan dinamis dapat dicitrakan dengan menggunakan grafik histerisis, yang di mana histerisis merupakan perbedaan antara nilai output pengukuran bila diberi input naik dan input turun secara bertahap.

### 3. Perancangan Sistem dan Analisis

#### 3.1 Diagram Blok Sistem

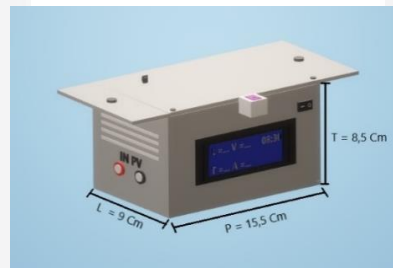
Pada Gambar 2. merupakan diagram blok dari sistem pemantauan, perancangan sistem pemantauan panel surya ini menggunakan mikrokontroler ATmega 2560 sebagai pengolah data, sensor tegangan DC digunakan untuk membaca tegangan listrik keluaran panel surya, sedangkan sensor INA219 digunakan untuk membaca arus listrik keluaran panel surya. Sinar matahari yang menyinari panel surya akan dibaca nilai intensitas nya dengan menggunakan sensor GY-49 dalam bentuk satuan lux serta suhu di sekitar panel surya akan dibaca oleh sensor LM35DZ, semua nilai pembacaan sensor akan diolah ke mikrokontroler dan diteruskan ke LCD untuk dicetak nilai pembacaan dari semua sensor. RTC DS3231 juga digunakan sebagai patokan waktu untuk data logger yang akan di simpan dengan menggunakan SD card memory, baterai sebagai penyuplai daya bagi sistem juga digunakan agar sistem pemantauan ini dapat bekerja secara mandiri.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

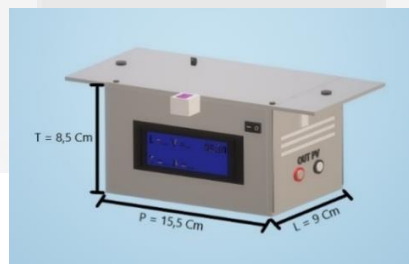
#### 3.2 Desain Perangkat Keras

Desain perangkat keras dibuat sedemikian rupa agar sistem yang telah dibuat lebih usability dalam bentuk sebuah kit. Pada Gambar 3. tersebut merupakan bagian kiri dan depan dari kit, bagian kiri kit terdapat lubang positif dan negatif bagi masukan panel surya, LCD pada bagian depan akan menampilkan nilai-nilai dari olahan mikrokontroler, sensor intensitas cahaya diletakkan pada depan kit, agar sensor dapat membaca nilai intensitas cahaya matahari, tombol switch on/off disertakan pada bagian depan sehingga pengguna tidak kesulitan dalam menghidupkan sistem monitoring.



Gambar 3. Posisi kiri dan depan kit

Sedangkan bagian kanan kit pada Gambar III-4. terdapat lubang positif dan negatif keluaran dari kit, kedua lubang ini yang akan dihubungkan langsung menuju beban, lubang input arduino juga disediakan agar pengguna dapat dengan mudah mengoneksikan sistem ke komputer, serta sensor suhu diletakkan di atas agar suhu pada panel dapat terdeteksi. Pada kanan dan kiri kit terdapat lubang ventilasi yang berfungsi untuk menyirkulasikan udara yang terdapat pada dalam kit.

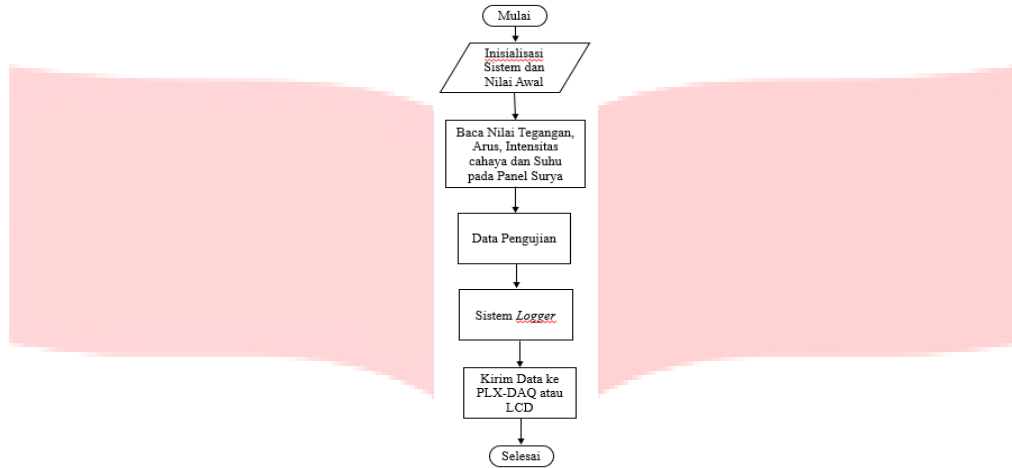


Gambar 4. Posisi kanan dan depan kit

#### 3.3 Desain Perangkat Lunak

Pada Gambar 5. merupakan diagram alir perancangan perangkat lunak dari sistem pemantauan panel surya. Ketika proses dimulai, mikrokontroler akan menginisialisasi port yang digunakan seperti sensor intensitas cahaya, sensor arus, sensor tegangan, sensor suhu, LCD, RTC dan SD Card Memory. setelah penginisialisasian selesai, sensor akan membaca tegangan listrik, arus listrik, suhu dan intensitas cahaya pada panel surya. Sensor Tegangan dan sensor suhu akan memberikan input analog bagi mikrokontroler, nilai input analog akan diubah menjadi nilai

ADC oleh mikrokontroler dan nilai ADC akan diolah dengan menggunakan rumus hingga mendapatkan nilai pengukuran yang diinginkan, sedangkan sensor intensitas cahaya dan sensor arus yang menggunakan IC yang telah diprogram sehingga pengguna tidak harus mencantumkan rumus untuk mendapatkan nilai pengukuran yang diinginkan. Setelah pembacaan sensor telah diolah, mikrokontroler akan memberikan data olahan ke sistem logger untuk diakuisisi, mikrokontroler juga memberikan data ke aplikasi penampil atau LCD untuk mencetak nilai pengukuran sensor dari data yang telah diolah oleh mikrokontroler.



Gambar 5. Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

**3.4 Pengujian Sensor**

Pengujian pada sensor ini bertujuan untuk mengecek dan mengatur tingkat performa dari sensor dengan cara membandingkan nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan kalibrator yang telah memiliki standar pabrikasi, sehingga sensor dapat dipastikan memiliki standar yang sama dengan instrumen pembanding.

Percobaan dilakukan dengan 2 metode, yakni :

- Percobaan Input Berulang

Percobaan input berulang berguna untuk mendapatkan hasil nilai standar deviasi, bias, akurasi serta presisi dari suatu sensor, percobaan input berulang dilakukan pada sensor dan alat pembanding secara bersamaan dengan memberikan input pada kedua instrumen tersebut pada harga yang konstan dalam beberapa saat, setelah itu input akan dimatikan atau diubah menjadi sangat drastis dalam beberapa saat pula, percobaan ini dilakukan secara berulang agar hasil nilai yang didapat akan lebih pasti.

- Percobaan Input Tak Berulang / Input Berubah-ubah

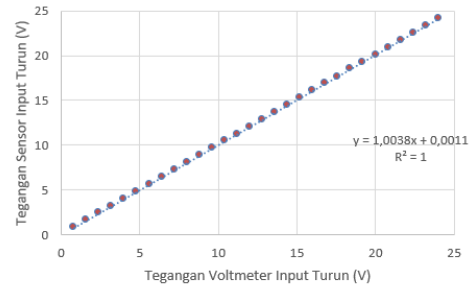
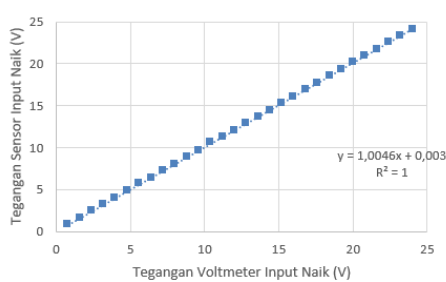
Percobaan input tak berulang / input berubah-ubah digunakan untuk mendapatkan grafik histerisis pada sensor, percobaan ini dilakukan dengan 2 keadaan, yaitu dengan memberikan dengan input naik atau memberikan input dari nilai terkecil hingga terbesar pada sensor dan instrumen pembanding untuk mendapatkan grafik respons sensor, serta memberikan input turun dari nilai terbesar hingga terkecil untuk mendapatkan respons balik sensor bila diberi input turun.

**3.4.1 Pengujian Sensor Tegangan DC**

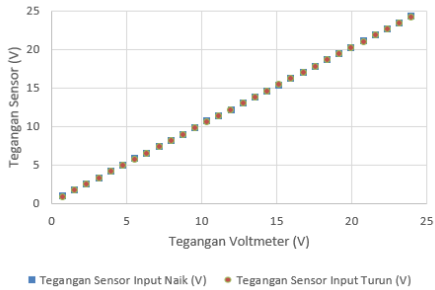
**Alat Pengujian :**

Sensor Tegangan DC, Multimeter Digital SANWA 800a dan Catu Daya RIGOL DP832A.

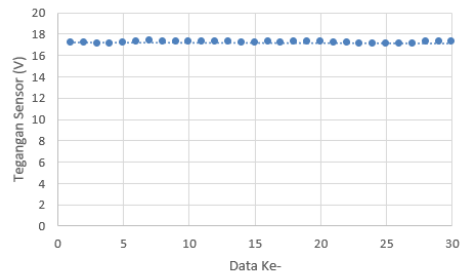
Dari data pengujian sensor tegangan DC, diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 6. Percobaan Sensor Tegangan DC Input Naik      Gambar 7. Percobaan Sensor Tegangan DC Input Turun



**Gambar 8.** Histerisis Sensor Tegangan DC



**Gambar 9.** Grafik Percobaan Input Berulang Sensor Tegangan DC

**Hasil dan analisis pengujian :**

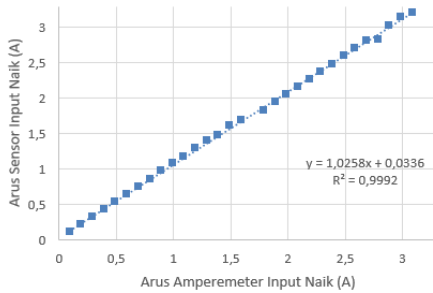
Dari hasil pengkalkulasian data pengujian sensor tegangan DC dengan menggunakan persamaan karakteristik statik alat ukur, Penggunaan sensor ini masih dikatakan layak, karena nilai akurasi pada sensor diperoleh sebesar ±0,518% dengan standar deviasi sebesar 0,081%.

**3.4.2 Pengujian Sensor Arus INA219**

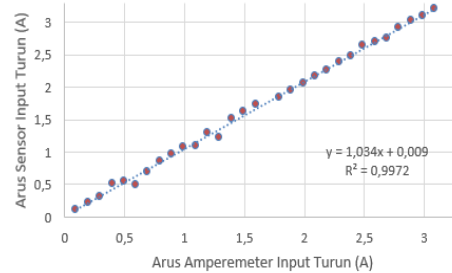
**Alat Pengujian :**

Sensor Arus INA219, Multimeter Digital FLUKE 107 dan Catu Daya RIGOL DP832A.

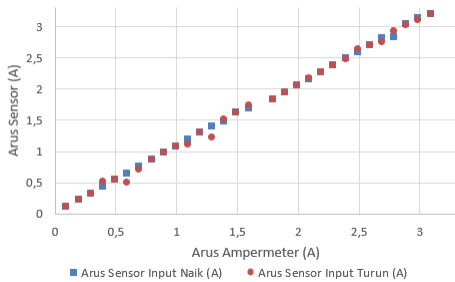
Dari data pengujian sensor tegangan DC, diperoleh grafik sebagai berikut :



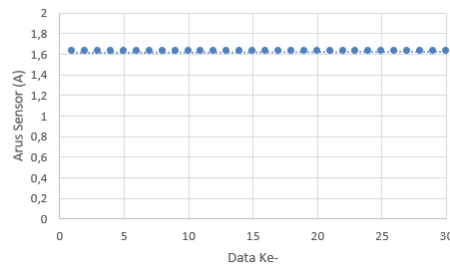
**Gambar 10.** Percobaan Sensor Arus INA219 Input Naik



**Gambar 11.** Percobaan Sensor Arus INA219 Input Turun



**Gambar 12.** Histerisis Sensor Arus INA219



**Gambar 13.** Grafik Percobaan Input Berulang Sensor Arus INA219

**Hasil dan analisis pengujian :**

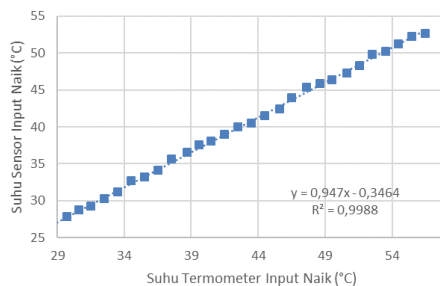
Dari hasil pengkalkulasian data pengujian sensor arus INA219 dengan menggunakan persamaan karakteristik statik alat ukur, Penggunaan sensor ini masih dikatakan layak, karena nilai akurasi pada sensor diperoleh sebesar ±2% dengan standar deviasi sebesar 0,0005%.

**3.4.3 Pengujian Sensor Suhu LM35 DZ**

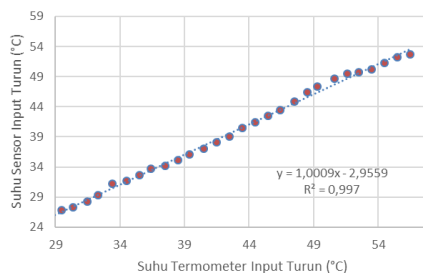
**Alat Pengujian :**

Sensor Suhu LM35 DZ, Termometer Digital WT-2 dan Plat Heater.

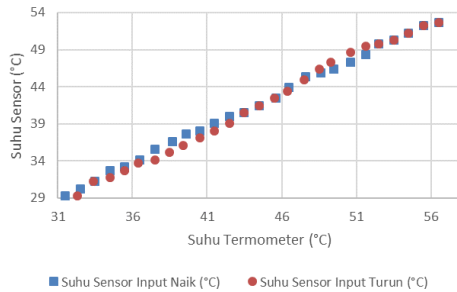
Dari data pengujian sensor tegangan DC, diperoleh grafik sebagai berikut :



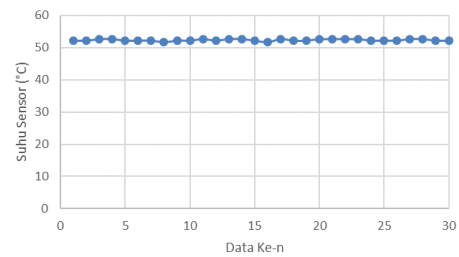
**Gambar 14.** Percobaan Sensor Suhu LM35DZ Input Naik



**Gambar 15.** Percobaan Sensor Suhu LM35DZ Input Turun



**Gambar 16.** Histerisis Sensor Suhu LM35DZ



**Gambar 17.** Grafik Percobaan Input Berulang Sensor Suhu LM35DZ

**Hasil dan analisis pengujian :**

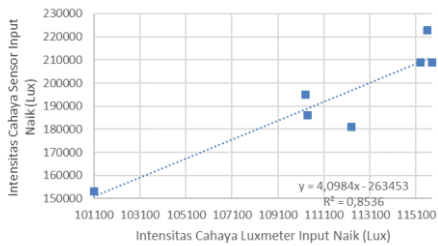
Dari hasil pengkalkulasian data pengujian sensor suhu LM35 DZ dengan menggunakan persamaan karakteristik statik alat ukur, Penggunaan sensor ini masih dikatakan layak, karena nilai akurasi pada sensor diperoleh sebesar  $\pm 3,72\%$  dengan standar deviasi sebesar 0,29%.

**3.4.4 Pengujian Sensor Intensitas Cahaya GY-49**

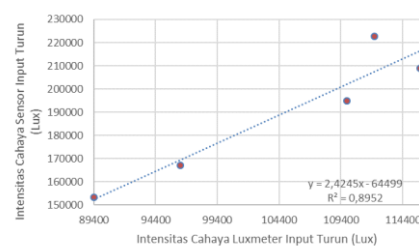
**Alat pengujian :**

Sensor Intensitas Cahaya GY-49 dan Lightmeter SUNCHE HS1010.

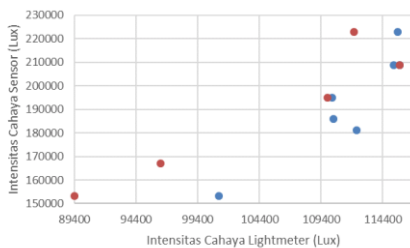
Dari data pengujian sensor tegangan DC, diperoleh grafik sebagai berikut :



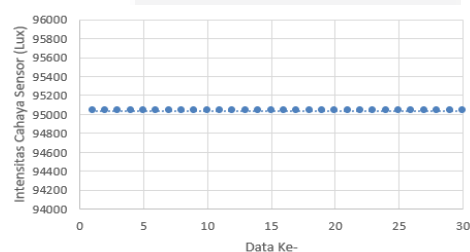
**Gambar 18.** Percobaan Sensor GY-49 Input Naik



**Gambar 19.** Percobaan Sensor GY-49 Input Turun



**Gambar 20.** Histerisis Sensor GY-49



**Gambar 21.** Grafik Percobaan Input Berulang Sensor GY-4

**Hasil dan analisis pengujian :**

Dari hasil pengkalkulasian data pengujian sensor intensitas cahaya GY-49 dengan menggunakan persamaan karakteristik statik alat ukur, Penggunaan sensor ini masih dikatakan layak, karena nilai akurasi pada sensor diperoleh sebesar  $\pm 0,91\%$  dengan standar deviasi sebesar 0%.

**3.5 Pengujian Kit Sistem**

**Alat Pengujian :**

Kit Monitoring Panel Surya, Panel Surya Polycrystalline 20 Wp dan Resistor 20 Ohm.

**Cara Pengujian :**

Pengujian pada kit monitoring panel surya dilakukan selama 3 hari, pengujian kit sistem ini dimulai pada pukul 08:00 hingga pukul 16:00 dengan durasi pengujian 8 jam, bertempat di Rooftop Gedung N kampus Universitas Telkom Bandung dengan letak koordinat berada pada latitude S 6°58'36.71" (-6.97687°) dan longitude E 107°37'45.45" (107.62929°), percobaan ini menggunakan sistem penyangga tetap (*fixed*) yang dimana panel akan di pasang menghadap kearah utara dengan sudut altitude 48,83° pada pukul 08.00-10.30; 90° pada pukul 10.30-13.30; serta 50,69° pada pukul 13.30-16.00, sudut yang berbeda disetiap waktu tersebut merupakan sudut altitude rata-rata yang dibagi menjadi 3 waktu, data nilai sudut didapat pada website suncalc.org dan dikalkulasikan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel.



Sedangkan, pada grafik suhu terhadap tegangan keluaran panel surya, suhu dapat mempengaruhi tegangan keluaran pada panel surya, yang dimana bila suhu panel mengalami peningkatan maka tegangan keluaran akan sedikit menurun, tetapi apabila pada panel mengalami penurunan suhu maka tegangan keluaran akan sedikit mengalami peningkatan [14].

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibangun sistem pemantauan pada panel surya dengan menggunakan berbagai komponen sebagai berikut : ATmega 2560 sebagai mikrokontroler pengolah data; sensor tegangan DC sebagai pembaca tegangan listrik panel, dengan akurasi  $\pm 0,518\%$ ; sensor INA219 sebagai pembaca arus listrik panel, dengan akurasi  $\pm 2\%$ ; sensor LM35 DZ sebagai pembaca suhu panel, dengan akurasi  $\pm 3,721\%$ ; sensor GY-49 sebagai pembaca intensitas cahaya matahari, dengan akurasi  $\pm 0,913\%$ ; dilengkapi dengan data logger menggunakan modul RTC DS3231 sebagai patokan waktu sistem yang memiliki selisih waktu dua detik dari waktu real; dan SD Card Memory sebagai komponen penyimpan data yang memiliki kapasitas maksimum 7,20 MB dengan rata-rata penggunaan per hari sebesar 336 KB, dapat memuat data hingga lebih kurang 61 tahun.
2. Kit pemantauan panel surya telah bekerja dengan baik, pada data pengujian diperoleh karakteristik panel surya, yang apabila panel surya mendapati intensitas cahaya matahari maksimal maka suhu dan daya keluaran pada panel juga akan meningkat, begitu pula sebaliknya. Pada parameter uji intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi arus keluaran panel surya, yang di mana bila intensitas cahaya meningkat maka arus keluaran akan meningkat pula, begitu pula sebaliknya, sedangkan parameter uji suhu panel surya akan mempengaruhi pada tegangan keluaran panel surya, tetapi pengaruh suhu panel terhadap tegangan keluaran ini tidak terlampaui signifikan, jika suhu pada panel meningkat maka tegangan pada panel surya akan sedikit menurun, begitu pula sebaliknya. Pada pengujian kit pemantauan panel surya selama 3 hari, diperoleh efisiensi rata-rata panel surya sebesar 8%.

#### Daftar Pustaka

- [1] Kompas.com. 2017. Menuju Krisis Energi, Apa yang akan Terjadi pada Indonesia?. <https://biz.kompas.com/>. (akses 11 Desember 2018).
- [2] Mahdy, Sulthan. 2018. Analisis Karakteristik Dan Faktor-Faktor Luar Yang Mempengaruhi Kinerja Photovoltaic Jenis Polycrystalline Berukuran 6CM X 11CM X 0.25C [Tugas Akhir]. Bandung (ID): Universitas Telkom.
- [3] Asy'ari, Hasyim, dkk. 2012. Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS. E-53.
- [4] Yuliananda, Subekti, dkk. 2015. Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya. Vol. 01, No. 02 : hal 193 – 202.
- [5] Fachri, Muhammad Rizal, dkk. 2015. Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time. Jurnal Rekayasa Elektrika. Vol. 11, No. 4 : hal. 123-128.
- [6] Suryawinata, Handi, dkk. 2017. Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307. Jurnal Teknik Elektro. Vol. 9 No. 1.
- [7] Muhammad, Fazrin. 2018. Sistem Pengukuran Dan Logging Penggunaan Daya Listrik Pada Suatu Bangunan Untuk Audit Energi [Tugas Akhir]. Bandung (ID): Universitas Telkom.
- [8] Shen, Liang Chi, Jin Au Kong. 2001. Aplikasi Elektromagnetik Jilid 1 Edisi Ketiga. Jakarta : Erlangga.
- [9] Supu, Idawati, dkk. 2016. Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda. Jurnal Dinamika. Vol. 07. No. 1.
- [10] Syahrul. 2014. Pemrograman Mikrokontroler AVR dengan Bahasa Assembly dan C. Bandung: Informatika Bandung.
- [11] Purwoto, Bambang Hari, dkk. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. Jurnal Emitor. Vol.18: 1.
- [12] Yuwono, Budi. 2005. Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51 [Skripsi]. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- [13] Rapidtables.com. How to convert lux to watts. <https://www.rapidtables.com/calc/light/how-lux-to-watt.html>. (akses 09 Agustus 2019).
- [14] Shaer, El, dkk. 2014. Effect of Light intensity and Temperature on Crystalline Silicon Solar Modules Parameters. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Vol.4: 8.