

Rancang Bangun Sistem Monitoring Simulator Modul Surya

Krismadinata*, Aprilwan, Ali Basrah Pulungan

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang Sumatera Barat 25131

krisma@ft.unp.ac.id*

Abstrak – Artikel ini membahas tentang perancangan, pembuatan dan pengujian suatu purwarupa sistem monitoring simulator modul surya. Purwarupa ini dikembangkan untuk mengamati dan mempelajari karakteristik dari modul surya seperti arus, tegangan dan daya saat hubung-singkat dan rangkaian terbuka yang sangat dipengaruhi oleh pancaran cahaya yang menerpa permukaan modul surya dan suhu di sekitarnya. Simulator modul surya adalah sebuah perangkat yang berfungsi mengetahui nilai karakteristik dari modul surya yang terdiri dari 16 buah lampu hogen yang dipasang secara paralel. Hasil dari uji coba alat dan beberapa sensor pada simulator modul surya menunjukkan semakin besar nilai intensitas cahaya semakin besar nilai suhu dan tegangan keluaran dari modul surya dan sebaliknya semakin kecil nilai intensitas cahaya semakin kecil nilai keluaran dari modul surya.

Kata kunci: modul surya, simulator, sistem monitoring

1. Pendahuluan

Permintaan masyarakat dunia terhadap energi terus meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia. Kebanyakan energi yang digunakan merupakan energi yang berasal dari fosil. Energi ini akan terus habis karena tidak dapat diperbarui. Indonesia merupakan negara yang banyak terdapat sumber-sumber energi terbarukan seperti panas bumi, angin, air, ombak laut, biomassa, surya dsb. Energi surya merupakan energi yang sangat potensial dikembangkan karena Indonesia terletak di jalur khatulistiwa yang selalu disinari cahaya matahari sepanjang tahun.

Modul surya adalah alat yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Paramater paling penting dalam kinerja sebuah modul surya adalah suhu di sekitar modul surya dan intensitas radiasi matahari atau biasa disebut dengan iradiansi cahaya. Iradiansi yaitu jumlah daya matahari yang datang kepada permukaan per luas area. Parameter ini sangat bergantung pada kondisi lingkungan, misalkan temperatur lingkungan dan cuaca. Sebuah modul surya dengan spesifikasi sama namun dengan merek yang berbeda akan mempunyai efisiensi serta karakteristik yang berbeda pula [1] .

Pengukuran nilai karakteristik sebuah modul surya perlu dilakukan untuk berbagai kondisi pengukuran. Dikarenakan pengukuran iradiansi matahari dipengaruhi kondisi cuaca maka diperlukan suatu simulator yang dapat mensimulasikan kondisi perubahan iradiansi tersebut. Simulator tersebut bekerja dengan mensimulasikan cahaya matahari dengan memanfaatkan cahaya dari lampu yang terpasang berhadapan dengan permukaan modul surya dan tingkat intensitas cahaya pada simulator modul surya dapat diubah sesuai dengan keinginan.

Beberapa simulator surya sudah banyak dikembangkan [2] [3] [4] [5]. Sebuah purwarupa simulator surya dengan menggunakan lampu *light Emiting Diode* (LED) berdaya tinggi digunakan

sebagai sumber cahaya [6, 7]. Suatu purwarupa simulator surya telah dibuat dengan menggunakan 14 lampu halogen dan diletakan dalam sebuah kotak berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang dapat menghasilkan 400 s.d 1500 W/m^2 iradiansi [8], simulator surya dengan lampu halogen yang dapat memvariasikan iradiansi antara 400, 600, 700 dan 900 W/m^2 juga telah dikembangkan [9], simulator untuk modul surya termal yang menggunakan 14 lampu halogen yang masing-masing lampu memiliki daya 500 Watt dicatu dengan tegangan 240 V dan arus 11 A serta memiliki ukuran kotak $4 \times 4 \text{ m}^2$ [10], simulator untuk iradiansi yang sangat besar menggunakan lampu Xenon telah dikembangkan oleh [11]. Simulator surya berukuran besar dengan menambahkan cermin pengumpul dan lampu Xenon telah dibuat oleh [12] [13].

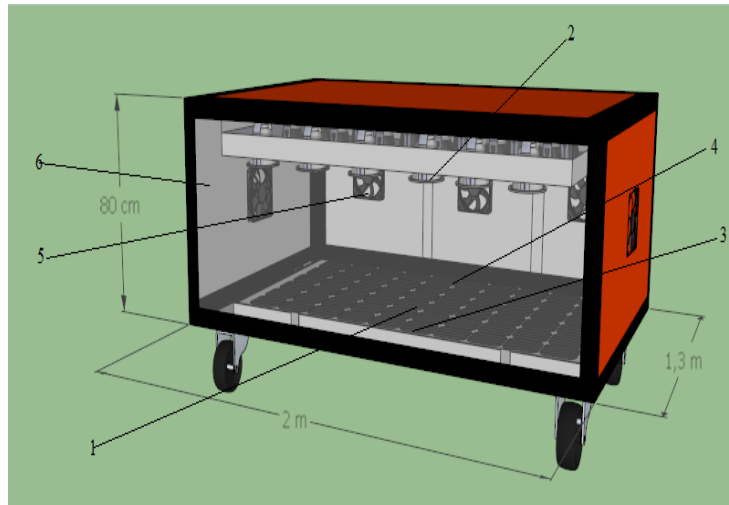
Data pengamatan untuk beberapa parameter perlu dikumpulkan agar diperoleh karakteristik dari modul surya yang akan diuji. Pengumpulan data pengamatan dapat dilakukan dengan mencatat langsung hasil pengujian yang menggunakan alat ukur analog maupun digital. Untuk memudahkan pencatatan hasil pengukuran suatu sistem monitoring dengan berbantuan komputer telah banyak dikembangkan. Sebuah simulator sel surya yang terintegrasi dengan sistem pengamatan yang dapat mencatat data secara nirkabel telah dikembangkan dengan memanfaatkan Zigbee [14]. Perangkat lunak dari Labview dan terintegrasi dengan perangkat keras akuisisi data National Instrument juga telah digunakan untuk pengukuran karakteristik sel surya pada simulator surya dengan intensitas cahaya yang sangat tinggi [15]. Pengukuran karakteristik modul surya yang langsung terhubung ke komputer telah dilakukan oleh [16]. Seperangkat sistem monitoring dengan menggunakan mikrokontroler ST6220 dengan 8 bit ADC telah digunakan untuk mengukur parameter modul surya [17].

Artikel ini mengkaji suatu perancangan dan pembuatan simulator modul surya dan sistem monitoring-nya dengan menggunakan beberapa buah lampu halogen sebagai sumber cahaya modul surya, dimana intensitas cahaya lampu tersebut bisa diatur. Pengaturan intensitas cahaya yang menerpa permukaan modul surya dengan memvariasikan tegangan yang masuk pada lampu halogen. Sistem monitoring dirancang untuk mengambil data pengukuran parameter modul surya seperti tegangan hubung-terbuka, arus hubung-singkat, iradiansi cahaya serta suhu di sekitar modul surya. Data yang diperoleh diolah dengan bantuan komputer dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik.

Perangkat sistem monitoring yang dikembangkan menggunakan sistem pengiriman data bersifat nirkabel. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai prosesor dalam pengambilan data dari parameter modul surya. Beberapa sensor digunakan seperti BH 1750, LM 35, sensor tegangan dan arus yang dikendalikan dengan mikrokontroler Arduino Uno dan disimpan ke database secara realtime dan dimonitor melalui personal computer. Sistem monitoring ini juga dilengkapi dengan *Human Machine Interface* yang dirancang dengan perangkat lunak Visual Basic studio 2012 .

2. Rancangan Simulator

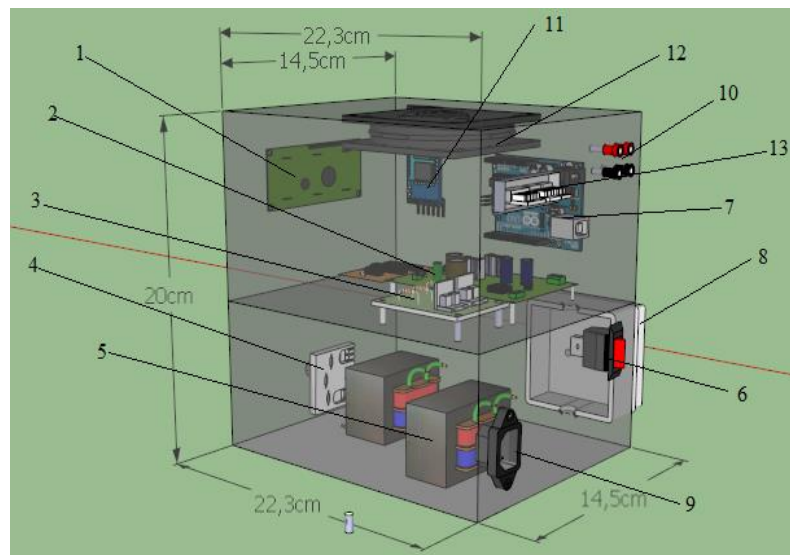
Rancangan sistem monitoring untuk simulator modul surya ini dirancang dalam bentuk *box simulator* yang berukuran $2 \times 0,8 \times 1,3 \text{ m}^3$, seperti yang terdapat pada gambar 1. Pada bagian atas *box simulator* ini dipasang lampu hologen sebagai sumber cahaya, kemudian data-data yang dihasilkan dari tiap sensor akan dikomunikasikan ke komputer dengan menggunakan komunikasi serial *bluetooth*.



Gambar 1. Rancangan *Box Reflector*

Berikut adalah keterangan dari komponen-komponen yang ada pada *box reflector* (1) panel surya yang akan diuji; (2) Lampu hlogen sebagai sumber cahaya; (3) Sensor BH 1750 berfungsi untuk mengukur tingkat intensitas cahaya; (4) Sensor suhu LM35 2 berfungsi untuk mengukur suhu pada solar cell (5) fan berfungsi untuk pendingin; (6) Sensor suhu LM35 berfungsi untuk mengukur suhu dalam *box*.

Box kontrol dibuat dengan menggunakan bahan *acrylic*. Box kontrol berfungsi sebagai tempat kontrol dan instrumen alat. bentuk rancangan dari box kontrol dapat dilihat pada gambar 2 berikut: (1) LCD; (2) Catu daya; (3) Sensor tegangan dan arus; (4) Dimmer; (5) Transformator; (6) Saklar; (7) Arduino Uno; (8) Kontak kotak; (9) *Jack AC* ke catu daya dari PLN; (10) *Banana socket*; (11) *Bluetooth*; (12) *Fan*; (13) Output soket *white housing* untuk sensor temperatur dan sensor intensitas.



Gambar 2. Tampak keseluruhan box kontrol

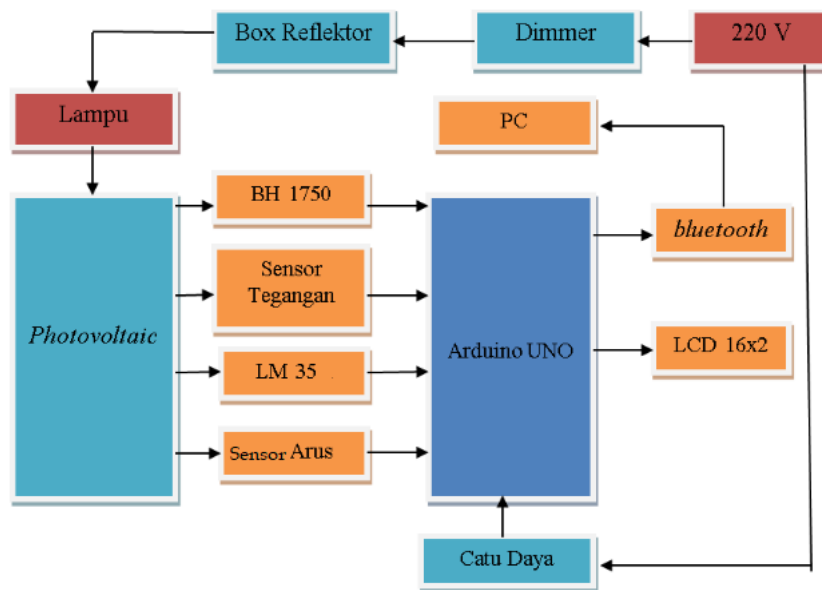
Pada gambar 3 terlihat diagram blok diagram sistem monitoring karakteristik modul surya. Lampu Halogen dicatu dengan sumber tegangan 220V AC. Pengaturan sumber tegangan yang masuk ke lampu Halogen diatur dengan dimmer. Blok dimmer adalah bagian yang berfungsi untuk mengatur tingkat intensitas cahaya di dalam *box reflector*. Mikrokontroler Arduino Uno

berfungsi mengatur sistem pengendalian mulai dari proses pengiriman data sensor tegangan, arus, intensitas cahaya, temperatur dan pengiriman data ke PC.

Blok sensor BH 1750 berfungsi mengukur tingkat intensitas cahaya pada *box reflector* dalam satuan lux. Blok sensor tegangan berfungsi mengukur tegangan keluaran dari panel surya. Blok sensor LM35 berfungsi mengukur suhu dalam *box reflector*. Blok sensor Arus berfungsi mengukur arus. Pengukuran arus modul surya dilengkapi dengan sebuah rele. Rele ini berfungsi untuk menghubungkan-singkatkan kedua terminal modul surya agar diperoleh arus hubung-singkat.

Blok LCD digunakan untuk menampilkan data tegangan, intensitas dan temperatur. Data yang ditampilkan di LCD merupakan data pengolahan dari PC. PC (*personal computer*) merupakan penerima data dari *bluetooth* HC 05. Penggunaan program Visual Basic pada komputer berfungsi sebagai perangkat lunak dalam membuat antarmuka dari Arduino Uno dengan komputer yang berfungsi sebagai penerima, pemroses, pengendali, penampil serta merekam informasi pengukuran. *Bluetooth* HC 05 yaitu bagian komunikasi *nirkabel* antara mikrokontroler dan PC.

Parameter modul surya yang diukur dihubungkan ke port ADC dari Arduino yang memiliki kapasitas konversi 10 bit. Data yang telah dikonversikan oleh Arduino dikirim ke komputer untuk diolah dengan menggunakan *bluetooth* HC 05.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Monitoring

Hasil pengukuran dengan menggunakan sistem monitoring yang dikembangkan ini perlu divalidasi dengan alat ukur yang sudah standar, seperti untuk tegangan dan arus divalidasi dengan multimeter Fluke. Persentase kesalahan dari hasil pengukuran dengan purwarupa yang dibuat, dihitung dengan formula:

$$\% \text{ Kesalahan Voltage Divider} = \frac{MD - VD}{MD} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan :
 MD = Multimeter Digital
 VD = Suhu Voltage Divider (nilai terukur)

Hasil pengukuran intensitas cahaya dengan purwarupa dibandingkan dengan Lux meter digital. Persentase kesalahan ditentukan dengan formula:

$$\% \text{ Kesalahan BH1750} = \frac{LM-SB}{LM} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

LM = Lux Meter Digital

SB = Sensoh BH1750 (nilai terukur)

Hasil pengukuran suhu dengan purwarupa dibandingkan dengan termometer digital. Persentase kesalahan ditentukan dengan formula:

$$\% \text{ Kesalahan LM35} = \frac{SuhuTD-SuhuLM35}{SuhuTD} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

$SuhuTD$ = Suhu Termometer Digital

$SuhuLM35$ = Suhu Sensor LM35 (nilai terukur)

Pengukuran intensitas cahaya menggunakan Luxmeter menghasilkan nilai intensitas cahaya dengan satuan Lux. Dari beberapa sumber diperoleh konversi Lux ke iradiansi dengan persamaan sebagai berikut.

$$Ir = Lux * 0,0079 \quad (4)$$

Keterangan :

Ir = Intensitas Radiasi W/m^2

Lux = Nilai Intensitas Cahaya

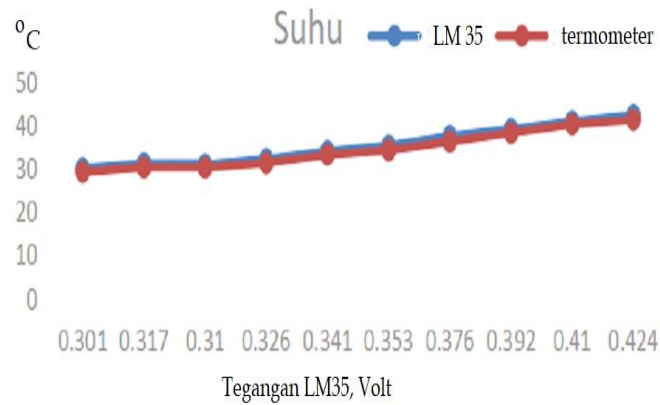
0,0079 = Konversi Satuan Per- Lux

3. Hasil dan Analisa

Pengukuran dan pengujian suhu ruangan dalam pembuatan sistem ini menggunakan sensor suhu LM35. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor LM35 dalam pembacaan suhu ruangan. Nilai pembacaan dari LM35 akan dibandingkan dengan pembacaan oleh termometer. Termometer ini diasumsikan pembacaannya sama dengan suhu asli ruangan sehingga bisa menjadi pembanding dari LM35.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan suhu yang terbaca pada LCD dengan yang terukur pada termometer digital, kemudian mengukur tegangan output pada sensor LM35. Pada *datasheet* sensor suhu LM35, suhu akan naik $1^{\circ}C$ setiap perubahan 10mV pada tegangan *output* LM35. Titik pengukuran pada sensor suhu dapat dilihat pada gambar berikut.

Berdasarkan gambar karakteristik sensor suhu LM35 dan termometer digital seperti pada gambar 4, dapat diketahui bahwa karakteristik perubahan suhu oleh sensor LM35 dan termometer digital relatif linier. Selisih pengukuran suhu oleh termometer digital dan sensor LM35 relatif kecil.



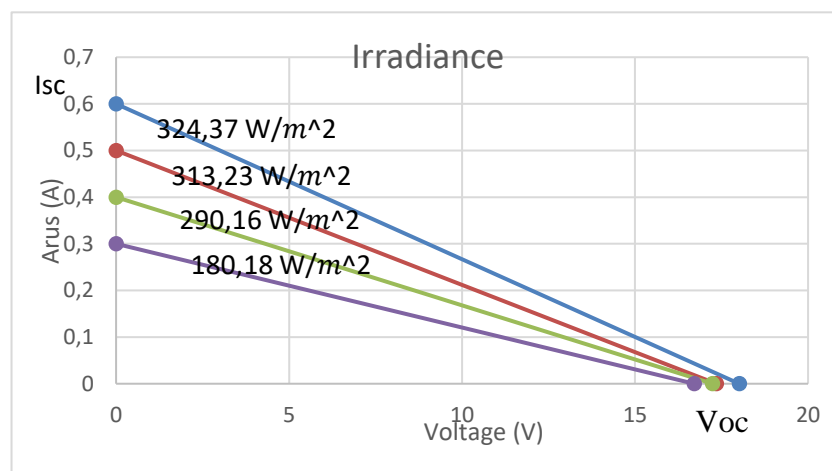
Gambar 4. Karakteristik Pengukuran Suhu Termometer Digital dan Sensor LM35

Pada gambar 5 terlihat karakteristik modul surya, bila irradiansi semakin besar maka arus hubung-singkat dari modul surya juga akan meningkat. Begitu juga dengan tegangan hubung-terbuka juga semakin besar. Pada gambar 5 dapat dilihat nilai tegangan paling tinggi yang dihasilkan PV sebesar 18,01 V yaitu pada tingkat irradiansi 324.37 W/m² sedangkan tegan keluaran panel surya yang paling rendah sebesar 0.87 pada tingkat irradiance 0.4 W/m².

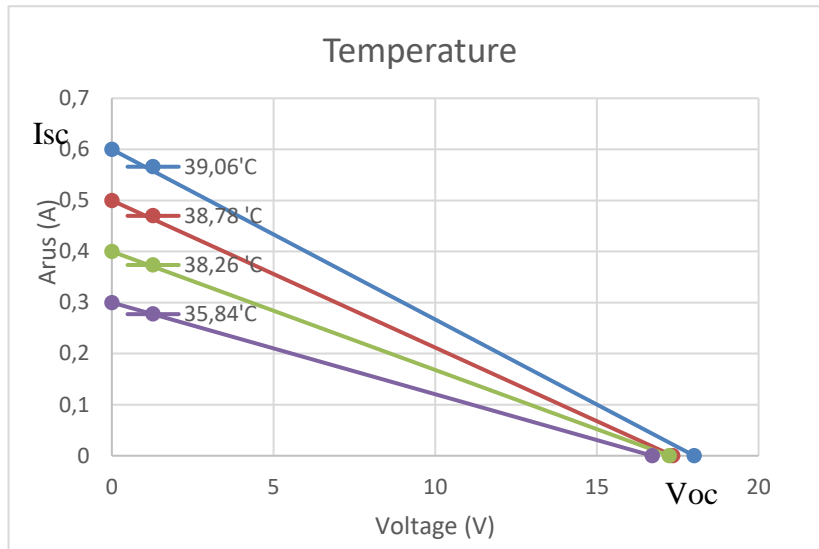
Pada pengukuran karakteristik arus dan tegangan dengan menggunakan simulator modul surya nilai tegangan maksimum (Vmax) pada irradiansi 24.37 W/m² dengan nilai tegangan sebesar 18,01 Volt dan arus sebesar 0,6 A.

Pada gambar 6 dapat dilihat irradiansi paling tinggi pada simulator panel surya sebesar 324.37 W/m² dengan suhu paling tinggi sebesar 39.03°C dan irradiansi terendah sebesar 0.4 W/m² sebesar 34.02 °C.

Human Machine Interface yang dirancang dengan perangkat lunak Visual Basic dapat dilihat pada gambar 7. Intensitas cahaya, suhu, arus dan tegangan ditampilkan pada layar monitor. Data hasil pengukuran disajikan dalam format excel, sehingga mudah untuk diolah dan dikonversikan pada bentuk file lainnya.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Irradiance Terhadap Keluaran Tegangan dan Arus



Grafik 6. Grafik Pengaruh iradiansi terhadap suhu, tegangan dan arus



Gambar 7. Grafis penerimaan data pada tampilan VB

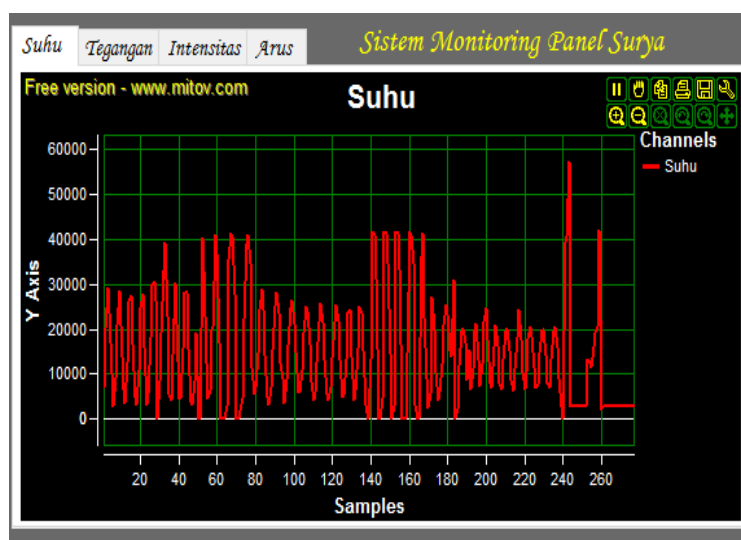
Proses validasi dari alat ukur yang dikembangkan dengan alat ukur standar yang sudah ada disajikan pada gambar 8 dan 9. Data hasil pengukuran yang dicuplik oleh Arduino dan dikirim ke komputer untuk diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik disajikan pada gambar 10.



Gambar 8. Pengukuran tegangan suhu arus dan intensitas Cahaya



Gambar 9. Perbandingan pengukuran parameter antara purwarupa dan alat ukur standar.



Gambar 10. Bentuk tampilan grafik pada visua Basic

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa kinerja alat serta analisa dari software maupun hardware tentang rancang bangun sistem monitoring untuk simulator modul surya dengan menggunakan lampu halogen 3. Proses monitoring berlangsung bekerja dengan baik program antarmuka Visual Studio yang telah dibuat dapat berjalan dengan optimal dengan pengujian menerima data menampilkan data dan secara keseluruhan kinerja alat dapat bekerja dengan baik mulai dari pengambilan data melalui sensor dan diolah oleh mikrokontroler kemudian dikirim ke antarmuka Visual studio dan menyimpan data ke database Access dengan koneksi nirkabel yang digunakan bluetooth jenis HC-05.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Teknisi, Laboran dan mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro FT UNP yang telah banyak membantu dalam proses instalasi dan pengambilan data untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UNP atas dukungan finansial dalam penelitian ini dalam skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2018.

Daftar Pustaka

- [1] N. A. Rahim, H. W. Ping, and J. Selvaraj, "Photovoltaic module modeling using Simulink/Matlab," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 17, pp. 537-546, 2013.
- [2] S. C. Rowe, M. A. Wallace, A. Lewandowski, R. P. Fisher, W. Ray Cravey, D. E. Clough, *et al.*, "Experimental evidence of an observer effect in high-flux solar simulators," *Solar Energy*, vol. 158, pp. 889-897, 2017/12/01/ 2017.
- [3] F. Schubert and D. Spinner, "Solar Simulator Spectrum and Measurement Uncertainties," *Energy Procedia*, vol. 92, pp. 205-210, 2016/08/01/ 2016.
- [4] C. Domínguez, I. Antón, and G. Sala, "Solar simulator for concentrator photovoltaic systems," *Optics express*, vol. 16, pp. 14894-14901, 2008.
- [5] V. Esen, Ş. Sağlam, and B. Oral, "Light sources of solar simulators for photovoltaic devices: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77, pp. 1240-1250, 2017/09/01/ 2017.

- [6] J. Garrido, L. Aichmayer, W. Wang, and B. Laumert, "Characterization of the KTH high-flux solar simulator combining three measurement methods," *Energy*, vol. 141, pp. 2091-2099, 2017/12/15/ 2017.
- [7] M. Walidain, I. D. Sara, and M. Syukri, "Perancangan Sistem Penerangan LED Sebagai Sumber Cahaya pada Pengujian Modul Surya," *Karya Ilmiah Mahasiswa Teknik Elektro*, vol. 3, 2018.
- [8] H. P. Garg, A. R. Shukla, I. Madhuri, R. C. Agnihotri, and S. Chakraverty, "Development of a simple low-cost solar simulator for indoor collector testing," *Applied Energy*, vol. 21, pp. 43-54, 1985/01/01/ 1985.
- [9] F. H. N.M. Samiudin, M.Y.H. Othman, B. Yatim, H. Ruslan, K. Sopian, Z.Ibrahim, "Development Of Solar Simulator For Indoor Testing Of Solar Collector," *Journal of Industrial Technology*, vol. 24, p. 16, 2016.
- [10] S. C. Solanki, S. Dubey, and A. Tiwari, "Indoor simulation and testing of photovoltaic thermal (PV/T) air collectors," *Applied Energy*, vol. 86, pp. 2421-2428, 2009/11/01/ 2009.
- [11] J. Petrasch, P. Coray, A. Meier, M. Brack, P. Häberling, D. Wüillemin, *et al.*, "A Novel 50kW 11,000 suns High-Flux Solar Simulator Based on an Array of Xenon Arc Lamps," *Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 129, pp. 405-411, 2006.
- [12] J. Xiao, X. Wei, R. N. Gilaber, Y. Zhang, and Z. Li, "Design and characterization of a high-flux non-coaxial concentrating solar simulator," *Applied Thermal Engineering*, vol. 145, pp. 201-211, 2018/12/25/ 2018.
- [13] T. Ma, T. Ren, H. Chen, Y. Zhu, S. Li, and G. Ji, "Thermal performance of a solar high temperature thermochemical reactor powered by a solar simulator," *Applied Thermal Engineering*, vol. 146, pp. 881-888, 2019/01/05/ 2019.
- [14] C. Ranhotigamage and S. C. Mukhopadhyay, "Field Trials and Performance Monitoring of Distributed Solar Panels Using a Low-Cost Wireless Sensors Network for Domestic Applications," *IEEE Sensors Journal*, vol. 11, pp. 2583-2590, 2011.
- [15] J. Sarwar, G. Georgakis, R. LaChance, and N. Ozalp, "Description and characterization of an adjustable flux solar simulator for solar thermal, thermochemical and photovoltaic applications," *Solar Energy*, vol. 100, pp. 179-194, 2014.
- [16] B. Huang, P. Yang, Y. Lin, B. Lin, H. Chen, R. Lai, *et al.*, "Solar cell junction temperature measurement of PV module," *Solar Energy*, vol. 85, pp. 388-392, 2011.
- [17] R. Mukaro, X. Carelse, and L. Olumekor, "First performance analysis of a silicon-cell microcontroller-based solar radiation monitoring system," *Solar Energy*, vol. 63, pp. 313-321, 1998.