

SISTIM KONTROL DAN PEMANTAUAN IRADIASI DAN SUHU PADA SIMULATOR PANEL SURYA

Usman^{1,*}, Andarini Asri², Faturahman Fauzan^{3,**}, Muhammad Thalib^{4,**}
^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The performance of the solar module, namely current and voltage, is strongly influenced by sunlight and temperature. This can be seen in the current (I) and voltage (V) curves. This curve shows the relationship between the solar panel voltage and current. This study aims to design and implement an irradiation and temperature control and monitoring system for a solar panel simulator automatically, so as to produce a control system that is more effective, efficient, and flexible in measuring the characteristics of solar panels. The method used in this research is to design a control device and monitoring system using a microcontroller to manage input variables and control output variables. The results of this design and implementation will be carried out in the form of functional testing with the black box testing method and the accuracy of the sensor measurement results from the amount of irradiation and temperature. The results obtained test that the functionality of all black box test scenarios can work as expected and the accuracy of the sensors used is more than 99.9% compared to conventional measuring instruments.

Keywords: *control and monitoring, irradiance, temperature, photovoltaic simulator, back box testing*

ABSTRAK

Kinerja modul surya yaitu arus dan tegangan sangat dipengaruhi oleh sinar matahari dan suhu. Hal ini dapat dilihat pada kurva arus (I) dan tegangan (V). Kurva ini menunjukkan hubungan antara tegangan dan arus panel surya. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mengimplementasikan sistem kontrol dan pemantauan iradiasi dan suhu untuk simulator panel surya secara otomatis, sehingga menghasilkan sistem kontrol yang lebih efektif, efisien dan fleksibel dalam pengukuran karakteristik panel surya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mendesain alat kontrol dan sistem pemantauan dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pengelola variabel masukan dan pengendali variabel keluaran. Hasil dari desain dan implementasi ini akan dilakukan berupa pengujian fungsionalitas dengan metode *black box testing* dan ketelitian hasil pengukuran sensor dari besaran iradiasi dan suhu. Hasil yang diperoleh adalah pengujian fungsionalitas dari semua skenario *blackbox testing* dapat bekerja sesuai yang diharapkan dan ketelitian sensor yang digunakan lebih dari 99,9% dibandingkan dengan alat ukur konvensional.

Kata Kunci: *kontrol dan pemantauan, iradiasi, suhu, simulator panel surya, black box testing*

1. PENDAHULUAN

Sistem kontrol adalah suatu sistem yang merupakan usaha untuk mengubah keadaan mesin yang terdiri dari beberapa elemen sistem yang dapat mengendalikan atau mengatur suatu besaran tertentu. Secara umum dijelaskan bahwa sistem kontrol merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan, mengatur atau memerintahkan sesuatu yang terdiri dari input dan output [1]. Sedangkan monitoring (pemantauan) merupakan proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program memantau perubahan yang berfokus pada proses dan keluaran. Monitoring menyediakan data dasar untuk menjawab permasalahan serta akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu [2].

Tujuan utama sistem kontrol adalah agar supaya harga atau nilai yang dihasilkan oleh setiap proses dari setiap sistem dapat dipertahankan dengan cara mengatur keluaran (output) dalam suatu sikap/kondisi/keadaan yang telah ditetapkan oleh masukan (input) melalui elemen sistem kontrol, seperti yang ditunjukkan oleh [3]. Proses monitoring umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa terhadap proses suatu objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan [2].

Output panel surya yang berupa arus dan tegangan sangat dipengaruhi oleh iradiasi dan suhu. hal tersebut dapat dilihat pada kurva arus (I) dan tegangan (V). Kurva ini memberikan hubungan antara tegangan terhadap arus keluaran panel surya. Menurunnya iradiasi akan menyebabkan menurunnya arus maupun tegangan, akan tetapi yang mengalami penurunan secara signifikan adalah arus. Sedangkan naiknya suhu akan menyebabkan

* Korespondensi penulis: Usman, email usman.ose@poliupg.ac.id

** Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

kenaikan arus dan menurunnya tegangan. Akan tetapi secara signifikan yang mengalami perubahan adalah penurunan tegangan. Selain iradiasi dan suhu, faktor lain yang mempengaruhi output panel surya adalah sudut kemiringan panel surya dan adanya bayangan yang menimpa permukaan panel surya. Memvariasikan ketiga parameter yang disebutkan sebelumnya yaitu iradiasi dan suhu panel dapat memberikan gambaran kinerja dari panel surya tersebut. Dengan demikian dibutuhkan suatu simulator yang dapat mengondisikan variabel-variabel tersebut.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh [4] menghasilkan simulator yang dapat memvariasikan 2 variabel, yaitu iradiasi dan suhu. Akan tetapi masih dilakukan secara manual dengan regulator tegangan untuk memvariasikan iradiasi sumber cahaya dan menggunakan *heater* untuk memvariasikan suhu. Pembacaan iradiasi dan suhu juga dengan menggunakan alat ukur, sehingga harus diukur secara manual. Hal ini membuat simulator yang dihasilkan tidak efektif karena masih harus mengukur intensitas cahaya dan suhu dengan alat ukur. Penelitian lain yang membahas sistem monitoring simulator panel surya adalah [5]. Pada penelitian ini untuk memvariasikan iradiasi dan suhu dilakukan pula secara manual akan tetapi hasil pengukurannya telah ditampilkan pada komputer maupun *display*.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem kontrol dan pemantauan iradiasi dan suhu yang digunakan pada simulator PV untuk menguji karakteristik panel surya. Cahaya matahari dan suhu pada simulator akan digantikan dengan sinar yang berasal dari cahaya lampu LED dan *heater* AC. Penggunaan lampu sebagai pengganti sinar matahari maupun *heater* AC sebagai sumber panas, maka kuat intensitas cahaya dan suhunya dapat dengan mudah diatur tinggi rendahnya sesuai yang diinginkan. Sistem ini akan bekerja secara otomatis dan mengeset nilai iradiasi dan suhu sesuai dengan nilai yang dimasukkan pada sistem.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung dari bulan Maret hingga Agustus 2022 yang dilakukan di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Komponen atau perangkat elektronik utama yang akan digunakan dalam penelitian ini yang berfungsi sebagai sensor, kontroler dan monitoring disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

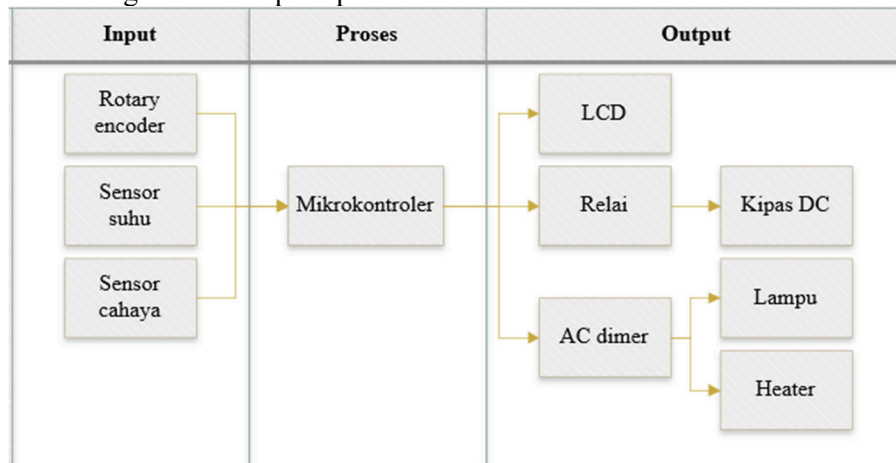
Tabel 1. Komponen/perangkat elektronik utama yang digunakan beserta fungsinya.

No.	Komponen/perangkat	Fungsi
1.	Arduino Mega 2560	Sebagai perangkat pengendali (kontroler) yang membaca variabel/parameter input untuk mengendalikan perangkat output maupun monitoring
2.	Sensor MLX90614	Membaca variabel/parameter suhu dari permukaan panel surya yang kemudian dikirim ke kontroler
3.	Sensor GY302 BH1750FVI	Membaca variabel/parameter iradiasi cahaya dari lampu yang menimpa permukaan panel surya
5.	Rotary Encoder	Memilih dan mengeksekusi nilai variabel yang menjadi masukan pada kontroler untuk mengontrol perangkat output (lampu, <i>heater</i> dan aktuator)
6.	AC Dimmer	Mengontrol tegangan input dari lampu dan <i>heater</i> sesuai perintah kontroler
7.	Heater	Menghasilkan panas agar suhu pada simulator dapat divariabelkan
8.	Kipas DC	Mendistribusikan panas yang dihasilkan oleh <i>heater</i> agar tersebar merata dalam simulator
9.	Lampu sorot	Menghasilkan cahaya agar iradiasi dapat divariabelkan

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan beberapa studi literatur yang berkaitan dengan topik yang diusulkan. Hasil studi literatur ini akan memberikan gambaran perbandingan dengan penelitian-penelitian sebelumnya serta menelaah kekurangan-kekurangan penelitian sebelumnya, sehingga menghasilkan penelitian yang tidak menduplikasi penelitian sebelumnya. Selanjutnya berdasarkan hasil studi literatur tersebut dilakukan proses desain kontrol dan pemantauan variabel-variabel yang dibutuhkan dalam suatu simulator yang meliputi intensitas cahaya, suhu dan sudut kemiringan. Pada tahap ini pula akan ditentukan semua komponen-komponen yang digunakan yang didapatkan juga dalam studi literatur, sehingga didapatkan komponen yang memiliki kinerja yang baik dan sudah terukur kinerjanya. Tahap berikutnya adalah pembuatan/implementasi selanjutnya adalah pengujian simulator yaitu meliputi pengujian fungsionalitas, pengujian sensor, pengujian alat secara menyeluruh dan pengujian kelayakan alat. Kemudian melakukan analisis terhadap hasil pengujian.

Pada rancangan sistem perangkat keras komponen yang digunakan adalah mikrokontroler jenis board Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol utama yang dihubungkan ke beberapa komponen lainnya berupa *rotary encoder*, sensor kemiringan, sensor suhu dan sensor cahaya sebagai perangkat input. Sebagai perangkat output

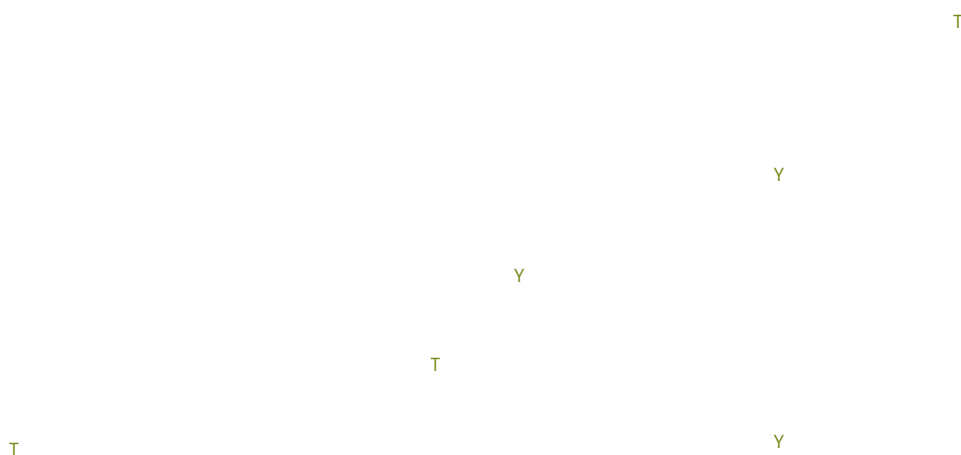
adalah lampu, heater AC, AC dimmer PWM, kipas DC, relai dan LCD. Rancangan perangkat keras dari sistem ini digambarkan dalam diagram blok seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok perancangan perangkat keras.

Berdasarkan Gambar 1 mikrokontroler menerima input yaitu *rotary encoder*, sensor suhu, dan sensor cahaya. Adapun output dari mikrokontroler yaitu LCD 20x4, relai, dan AC *dimmer*. Fungsi komponen yang aktif saat mikrokontroler diaktifkan pertama kali adalah penampil LCD, dimana LCD akan menampilkan menu sehingga pengguna dapat memilih nilai masukan intensitas cahaya, nilai suhu dan nilai kemiringan yang diinginkan. Setelah nilai dimasukkan, sensor akan membaca nilai intensitas cahaya dan, suhu panel surya. AC *dimmer* kemudian akan otomatis menyesuaikan nilai tegangan yang dicatu terhadap lampu dan *heater* agar nilai intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu dan *heater* dan sesuai dengan nilai yang dimasukkan. Setelah nilai intensitas cahaya dan suhu tercapai maka LCD akan menampilkan nilai besaran tersebut.

Perancangan sistem perangkat lunak pada sistem simulator panel surya ini, disusun dalam bentuk *flowchart* yang berupa rentetan perintah yang akan diterapkan pada mikrokontroler yakni Arduino Mega 2560 untuk mengontrol setiap komponen baik berupa input maupun output. Proses rentetan sistem perangkat digambarkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan perangkat lunak.

Pengujian kinerja pengontrolan dan monitoring intensitas cahaya dan suhu dilakukan pengujian terhadap perangkat keras maupun perangkat lunak. Pengujian dimulai dengan pengujian mikrokontroler Arduino Mega

2560. Pengujian mikrokontroler dilakukan untuk mengetahui bahwa mikrokontroler bekerja dengan baik atau tidak, karena hal ini sangat penting mengingat pengintegrasian semua sistem utama adalah mikrokontroler dan selanjutnya yang diuji adalah sensor yang digunakan *rotary encoder*, LCD, Kipas DC, *heater* dan *AC dimmer*. Skenario pengujiannya dapat dilihat pada

Tabel 2. Skenario pengujian kinerja pengontrolan dan monitoring intensitas cahaya dan suhu simulator panel surya.

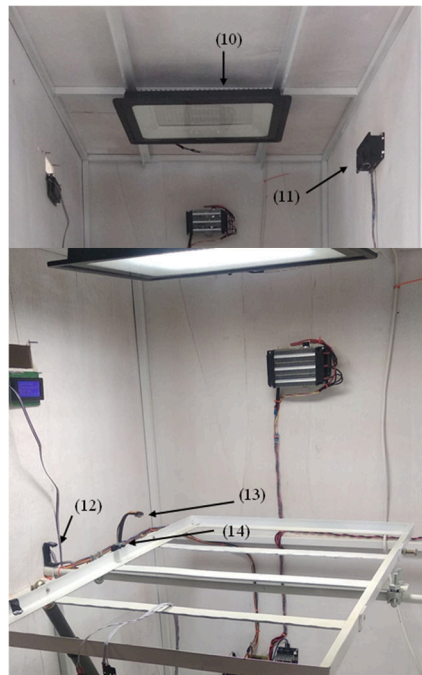
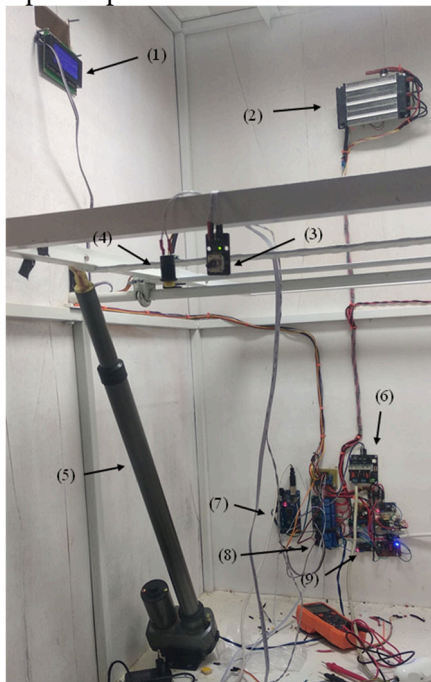
Data Masukan	Skenario Pengujian
Arduino Mega 2560	Melakukan pengontrolan berdasarkan data <i>input</i> hasil pembacaan sensor.
MLX90614/GY-302	Pembacaan data suhu permukaan panel surya.
BH1750	Pembacaan data intensitas cahaya dalam satuan lux.
Relay	Mengatur penyalaan kipas DC, Heater, serta aktuator sesuai dengan pengontrolan.
AC Dimmer	Mengatur simulasi intensitas cahaya lampu dengan mengatur besar tegangan yang disuplai pada lampu.
LCD 20x4	Menampilkan data pembacaan sensor secara <i>real time</i> serta sebagai tampilan HMI (<i>Human Machine Interface</i>) untuk mengontrol alat.
Rotary Encoder	Sebagai pengontrol pada tampilan untuk memperoleh data <i>input</i> berdasarkan pilihan pengguna.

Teknik analisis data yang akan dilakukan untuk pengujian ketelitian sensor ini adalah dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur yaitu termometer untuk suhu dan solar power meter untuk intensitas cahaya. Khusus untuk sensor suhu akan dibandingkan dengan hasil penelitian oleh [6] dan [7], sensor cahaya dengan penelitian [8]. Hasil perbandingan sensor tersebut diukur dalam persentase. Sedangkan perbandingan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur dihitung dengan presentasi tingkat kesalahan, yang dihitung dengan:

$$\% = \left| \frac{\text{pengukuran} - \text{pembacaan}}{\text{pengukuran}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan sistim kontrol dan pemantauan iradiasi dan suhu kemiringan simulator panel surya yang dapat dilihat pada Gambar 3. Dimensi simulator ini adalah 0.8 x 1 x 1.5 m. Agar dapat memvariasikan iradiasi dan suhu pada simulator ini adalah dengan mengubah nilai *set value* dari iradiasi dan suhu dari lampu dan *heater* melalui *rotary encoder*. Hasil pengukuran iradiasi dan suhu serta arus dan tegangan panel surya akan ditampilkan pada LCD.



Keterangan :

1. LCD 20x4
2. *Heater*
3. *Rotary Encoder*
4. *Push Button*
5. Aktuator
6. *AC dimmer*
7. Arduino Mega
8. Relai
9. *Power supply* DC
10. Lampu LED 300 W
11. Kipas Exhaust
12. Sensor cahaya BH1750
13. Sensor suhu GY-906

Gambar 3. Rangkaian komponen sistim kontrol dan pemantauan iradiasi dan suhu simulator panel surya.

Hasil pengujian perangkat lunak dilakukan untuk menguji fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan logika dan proses kontrol yang akan dilakukan mikrokontroler dapat dilihat pada **Error! Not a valid bookmark self-reference.** Pengujian ini difokuskan pada nilai masukan yang dibaca oleh mikrokontroler yang meliputi data pembacaan dari sensor yang digunakan. Bagian perangkat lunak digunakan media penampil LCD 20x4 sebagai penampil data pembacaan sensor dan pengendalian untuk perangkat keras yang terintegrasi. Beberapa butir uji menjabarkan menu pengaturan serta tampilan menu utama sebagai fokus utama pemantauan, karena pada tampilan menu utama data pembacaan sensor akan berjalan secara *real-time*.

Tabel 3. Hasil pengujian perangkat lunak.

No.	Butir Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Sebenarnya	Kesimpulan
1.	Tampilan Utama LCD 20x4.	Menampilkan pembacaan data sensor cahaya dan suhu	User dapat membaca data Intensitas cahaya dan suhu	Berhasil
2.	Tampilan pengaturan pada LCD 20x4 untuk memasukkan data cahaya dan suhu	Setiap pilihan menu terdapat nilai besaran tertentu yang dapat dimasukkan pada mikrokontroler.	Dapat memasukkan nilai intensitas cahaya dan suhu dengan besaran nilai tertentu.	Berhasil
3.	Menyimpan data pengaturan.	Data nilai masukan yang telah diberikan dapat disimpan.	Data nilai input berhasil disimpan dan dapat dibuka Kembali.	Berhasil

Pada pengujian perangkat keras komponen seperti *heater*, kipas DC, lampu, dan aktuator diberi tegangan kerjanya masing-masing kemudian disambungkan dengan relai 5 V agar dapat terhubung dan diproses oleh mikrokontroler, selain itu juga dilakukan pengujian serta kalibrasi terhadap sensor yang digunakan. Adapun skenario dan hasil pengujian akan disajikan dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. Hasil pengujian perangkat keras.

No.	Butir Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Sebenarnya	Kesimpulan
1.	BH1750 membaca nilai intensitas cahaya lampu.	Sensor dapat membaca nilai intensitas cahaya kemudian dikonversi menjadi iradiasi	Sensor dapat membaca nilai intensitas cahaya dan dikonversi menjadi iradiasi.	Berhasil
2.	MLX90614 membaca nilai suhu simulator	Sensor dapat membaca suhu di dalam simulator serta suhu pada permukaan panel surya.	Sensor dapat membaca suhu di dalam simulator serta suhu permukaan panel surya	Berhasil
3.	Mengontrol lampu dengan AC <i>dimmer</i> .	Intensitas cahaya dari lampu dapat diatur sesuai dengan <i>set value</i> yang dimasukkan melalui menu pengaturan.	Lampu menghasilkan nilai intensitas cahaya yang bervariasi sesuai dengan nilai <i>set value</i> yang diberikan yakni dengan nilai 0, 30, 60, 90, 120, dan 130 W/m ² .	Berhasil
4.	Mengontrol kenaikan suhu box simulator dengan menggunakan <i>heater</i> dan kipas DC	Suhu di dalam box simulator dapat dinaikkan serta dipertahankan sesuai dengan nilai suhu <i>set value</i> yang dimasukkan	<i>Heater</i> menyala otomatis dan dapat menaikkan suhu di dalam simulator sesuai dengan suhu <i>set value</i> yang diberikan yakni dengan nilai 30, 35, 40 °C, 45 °C, dan 50 °C serta mempertahankan suhu dengan bantuan kipas DC	Berhasil

Pengujian ketelitian sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat keakurasian sensor dan *error* dari data hasil pengukuran sensor yang digunakan pada alat. Adapun metode yang dilakukan yakni dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur khusus yang memiliki fungsi serupa dengan sensor diuji. Untuk menghitung presentasi kesalahan pengukuran sensor dengan menggunakan (1), maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 5. Berdasarkan hasil pengujian ketelitian sensor tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor yang digunakan pada alat ini akurat untuk digunakan karena memiliki nilai kesalahan pembacaan yang sangat kecil.

Hasil yang diperoleh pengukuran suhu dengan menggunakan MLX90614 terhadap sensor lain yang disebutkan dalam [6] dengan menggunakan LM35, DHT11, DHT22 dan DS18B20 jauh lebih baik. Pada makalah tersebut disebutkan bahwa tingkat kesalahan masing-masing sensor tersebut terhadap alat ukur pembanding berturut-turut adalah 4.69%, 3.12%, 1.96% dan 1.6, sedangkan sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,0028%.

Tabel 5. Hasil pengujian ketelitian sensor.

No.	Jenis Sensor	Jenis Alat Ukur	Hasil Pengukuran Sensor	Hasil Pengukuran Alat Ukur	Presentasi Kesalahan
1.	Sensor Cahaya BH1750	Lux Meter	15.549,58 Lux	15.506,00 Lux	0,0028%
2.	Sensor suhu MLX90614	Thermogun	29,33 °C	29,10 °C	0,0079%

4. KESIMPULAN

Sistem kontrol dan pemantauan iradiasi dan suhu yang telah didesain dan diimplementasikan dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini dapat dilihat pada pengujian *black box testing* yang meliputi pengujian fungsionalitas dari perangkat keras maupun perangkat lunak yang disematkan. Serta sensor yang digunakan untuk mengukur iradiasi dan suhu dapat mengukur dengan keakurasian yang tinggi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang atas fasilitas dan hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2022, melalui Unit P3M dengan nomor kontrak B/14/PL10.11/PT.01.05/2022.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Yahya, "Desain Media Pembelajaran Sistem Kontrol Elektropneumatik Berbasis Programmable Logic Controller," *JUPITER (JURNAL PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO)*, vol. 3, no. 1, p. 42, Mar. 2018, doi: 10.25273/jupiter.v3i1.2387.
- [2] D. E. Kurniawan, M. Iqbal, J. Friadi, R. I. Borman, and R. Rinaldi, "Smart Monitoring Temperature and Humidity of the Room Server Using Raspberry Pi and Whatsapp Notifications," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1351, no. 1, p. 012006, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1351/1/012006.
- [3] A. Muqit, "Kontrol Otomatis," POLINEMA PRESS, 2020, p. 144.
- [4] U. Usman, "Rancang Bangun Photovoltaic Simulator untuk Pengujian Karakteristik Panel Surya," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 2021, pp. 37–42, Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/3203/2735>.
- [5] K. Krismadinata, A. Aprilwan, and A. B. Pulungan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Simulator Modul Surya," in *Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung (SENTER 2018)*, 2018, pp. 192–201, [Online]. Available: <https://senter.ee.uinsgd.ac.id/repositori/index.php/prosiding/article/view/senter2018p22/88>.
- [6] Y. A. K. Utama, "Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini," *e-NARODROID: Jurnal Berkala Program Studi Sistem Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 145–150, 2016, [Online]. Available: [http://repository.widyakartika.ac.id/103/1/Yoga Alif-Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini.pdf](http://repository.widyakartika.ac.id/103/1/Yoga%20Alif-Perbandingan%20Kualitas%20Antar%20Sensor%20Suhu%20dengan%20Menggunakan%20Arduino%20Pro%20Mini.pdf).
- [7] F. T. Siregar and E. Rosdiana, "Perbandingan Kinerja Sensor Gerak, Sensor Suhu Dan Kombinasinya Pada Sistem Pengontrolan Lampu Ruanagan," in *eProceedings of Engineering*, 2019, vol. 6, no. 2, [Online]. Available: <http://repository.widyakartika.ac.id/399/>.
- [8] L. Mawaddah, E. Yuniarti, and A. Hartono, "Rancang Bangun Automatic Human Blood Type Detector Menggunakan Sensor Cahaya Bh1750 Berdasarkan Sifat Optik dengan Metode ABO," *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, vol. 3, no. 1, pp. 42–52, 2020.