

Perancangan Sistem Pengujian Fungsionalitas untuk Modul *Controller* Lampu Hemat Energi

Sayyidhatus Az-Zahra¹, Ratna Ika Putri², Fitri³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Malang

¹sayyidhatus03@gmail.com*, ²ratna.ika@polinema.ac.id, ³fitri@polinema.ac.id

Abstract

A testing device is required by the industry to ensure product quality through accurate and reliable testing of critical components in energy-saving lamp products. This research method includes the design phase of the testing device and the development of a measurement circuit focused on voltage, current, and power parameters in the energy-saving lamp controller module. The design of the electronic system for voltage and current sensors involves the use of voltage divider circuits, shunt resistors, and the ADS1115 component as an analog-to-digital converter (ADC). Additionally, optocouplers and relays are used as part of the switching and circuit protection system. The 24-volt voltage sensor is designed to measure a voltage range of 17 to 24 volts, the 8-volt voltage sensor to measure a range of 4 to 8,4 volts, and the current sensor to measure a current range of 150 mA to 470 mA. Based on testing results, the 24-volt voltage sensor showed an average error of 0,009%, the 8-volt voltage sensor 0,008%, and the current sensor 0,07%. Therefore, this testing device can be utilized to improve the efficiency of the production process and ensure the consistent quality of the energy-saving lamp controller module.

Keywords: controller module, voltage divider, shunt resistor

Abstrak

Perangkat alat uji yang dibutuhkan oleh industri untuk menjamin kualitas produk dalam melakukan pengujian yang akurat dan andal terhadap komponen penting untuk produk lampu hemat energi. Metode penelitian ini mencakup tahap perancangan alat uji dan penyusunan rangkaian pengukuran yang difokuskan pada parameter tegangan, arus, dan daya pada modul *controller* lampu hemat energi. Perancangan sistem elektronik pada sensor tegangan dan arus melibatkan penggunaan rangkaian pembagi tegangan, resistor shunt, serta komponen ADS1115 sebagai konverter analog-ke-digital (ADC). Selain itu, optocoupler dan relay digunakan sebagai bagian dari sistem pengalih (*switching*) dan perlindungan rangkaian. Pada sensor tegangan 24 volt dirancang untuk pembacaan *range* tegangan 17 volt – 24 volt, sensor tegangan 8 volt pembacaan *range* tegangan 4 volt – 8,4 volt, sensor arus untuk pembacaan *range* arus 150mA – 470 mA. Pada pengujian sensor tegangan 24 volt memiliki *error* rata – rata 0,009%, sensor tegangan 8 volt sebesar 0,008% dan untuk sensor arus sebesar 0,07%. Sehingga alat uji ini dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi serta memastikan kualitas modul *controller* lampu hemat energi tetap terjaga.

Kata kunci: modul controller, pembagi tegangan, resistor shunt.

Diterima Redaksi : xx-xx-20xx | Selesai Revisi : xx-xx-20xx | Diterbitkan Online : xx-xx-20xx

1. Pendahuluan

Komitmen industri dalam mencapai target Net Zero Emission pada tahun 2060 diwujudkan melalui optimalisasi potensi energi terbarukan di Indonesia, salah satunya dengan pemanfaatan sumber energi alternatif dalam rangka beralih ke teknologi yang lebih ramah lingkungan [1] [2]. Dengan berkembangnya teknologi dan kesadaran energi, sistem pencahayaan berbasis efisiensi energi menjadi semakin dibutuhkan. Peningkatan ini dipengaruhi oleh upaya mendorong budaya hemat energi di masyarakat, serta penggunaan perangkat berteknologi efisien, seperti pemanfaatan lampu panel surya yang mengkonversi panas matahari menjadi sumber energi listrik [3] [4]. Dalam

mendukung pengembangan energi terbarukan, penggunaan lampu hemat energi dan LED pun makin meluas karena karakteristiknya yang efisien dan memiliki konsumsi daya yang rendah [5] [6].

Terkait dengan teknologi lampu hemat energi, salah satu bentuk inovasi di bidang ini adalah pengembangan produk pencahayaan berdaya rendah, produk ini terdapat modul *controller* berstandar tinggi untuk menjamin performa dan keandalannya. Namun, modul *controller* lampu hemat energi yang digunakan dalam sistem ini sering kali ditemukan masalah mengenai kualitas akibat dari kurangnya pengujian yang akurat sehingga dapat mengakibatkan produk

gagal fungsi, karena pengujian terhadap arus, tegangan dan daya pada modul *controller* lampu hemat energi ini umumnya dilakukan secara manual yang membutuhkan waktu lama dan berpotensi menimbulkan ketidakakuratan akibat *human error*. Dalam industri semikonduktor, proses yang membutuhkan komponen-komponen elektronik sangat sensitif sehingga dapat berpotensi terjadinya *electrostatics discharge*. ESD atau *Electrostatics Discharge*, yaitu pelepasan muatan listrik statis telah muncul sebagai masalah utama yang mempengaruhi IC [7] [8]. Sehingga, membutuhkan perancangan sistem pada rangkaian alat uji terdapat sistem proteksi untuk mencegah kerusakan pada produk.

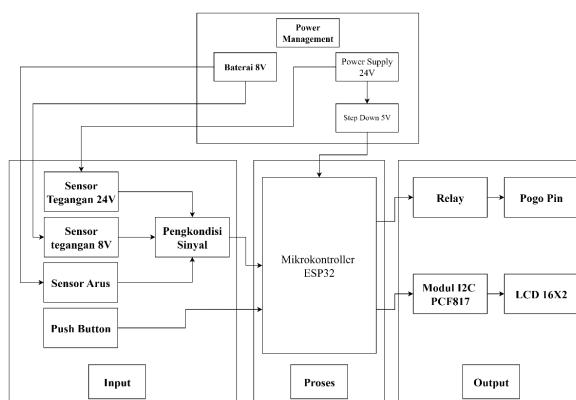
Pada penelitian terdahulu, memanfaatkan penggunaan rangkaian pembagi tegangan atau *voltage divider* sebagai sensor untuk mendeteksi tegangan dengan prinsip R_1 dan R_2 dirangkai secara seri [9] [10] [11]. Untuk pengukuran arus, menggunakan resistor shunt yang digunakan sensor arus. Berdasarkan hasil penelitian alat ukur arus ini dapat membaca arus hingga satuan microampere dengan menggunakan Resistor Shunt dan Modul AD620 Op-Amp [12]. Serta penelitian mengenai penggunaan ADS1115 sebagai pengkondisi sinyal untuk output dari sensor arus dan sensor tegangan [13] [14] [15].

2. Metode Penelitian

Berikut tahapan – tahapan yang mencakup perancangan alat, termasuk diagram blok sistem, *design hardware*, dan *design software*.

2.1 Diagram Blok Sistem

Sistem dari alat pengujian arus, tegangan dan daya dengan sistem pengiriman data yang dirancang berdasarkan hasil kajian dan studi literatur dari penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



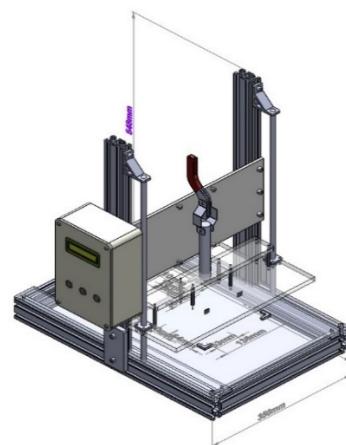
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari alat uji fungsional pada modul controller lampu hemat energi melibatkan penggunaan

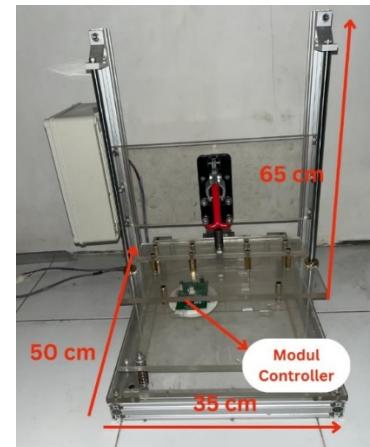
sensor tegangan dan sensor arus untuk melakukan pengukuran terhadap parameter tegangan dan arus pada produk yang diuji dan dihubungkan dengan pengkondisi sinyal dengan menggunakan ADS1115 dan mengubahnya menjadi sinyal digital yang dihubungkan menggunakan komunikasi SDA dan SCL sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler ESP32. Sementara itu, relay berfungsi sebagai komponen switching dalam proses pengujian antara sumber tegangan 24V dan 8V yang dikendalikan melalui pin pada modul ESP32. Data hasil pengukuran tegangan dan arus ditampilkan melalui layar LCD 16x2, di mana tampilan awal menunjukkan informasi standar. Untuk melihat hasil pengukuran dari sumber tegangan 24V dan 8V, pengguna dapat menekan tombol push button.

2.2 Design Hardware

Pada bagian hardware memiliki bagian seperti desain dari alat yang terdiri dari desain mekanik dan spesifikasi alat pengujian secara umum. Berikut tampilan dari alat yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Design Mekanik



Gambar 3. Tampilan Alat Uji

2.2.1 Spesifikasi Alat

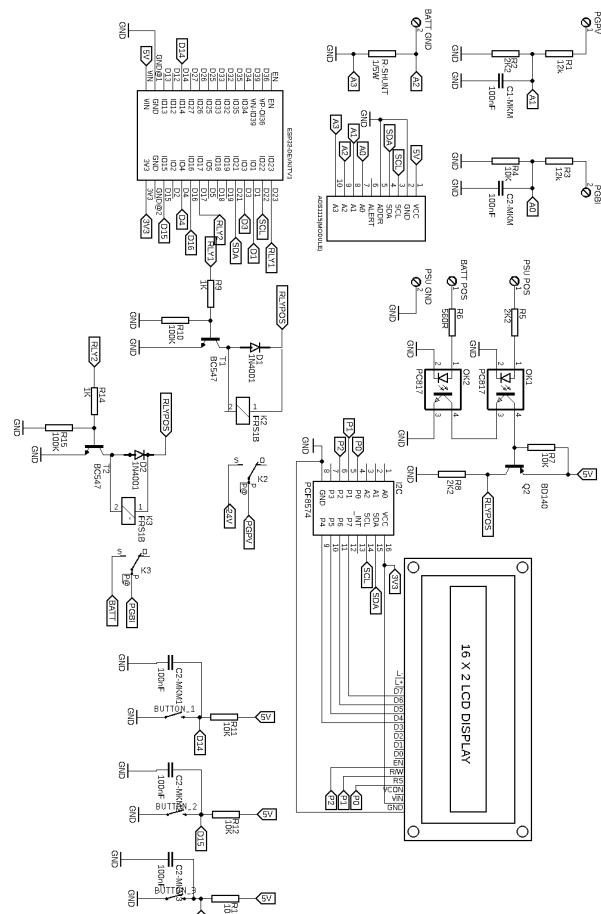
Spesifikasi dari alat pengujian fungsionalitas modul *controller* lampu hemat energi ini memiliki sistem secara umum dengan jangkauan tegangan sebesar 4V hingga 24V dan jangkauan arus sebesar 150 mA hingga 470 mA. Dalam proses pengujian, membutuhkan supply dari PSU sebesar 24V dan dari baterai 8V. Untuk mengaktifkan mikrokontroler maka membutuhkan regulator tegangan 5V dan terdapat beberapa komponen elektronik lainnya seperti push button, relay, dan LCD.

2.2.2 Spesifikasi Mekanik

Rangka dari alat uji ini terbuat dari alumunium profil dan akrilik dengan tebal 1cm dengan dimensi keseluruhan alat sebesar 35cm x 50cm x 60cm. Terdapat 2 lapis akrilik, pada bagian bawah untuk penempatan modul yang akan di uji diletakkan pada akrilik double bed dan pada bagian pogo pin untuk pengujian terletak pada akrilik pada tuas yaitu akrilik bed tengah.

2.3 Design Elektronik

Pada Gambar 4 menunjukkan keseluruhan rangkaian sistem pengujian tegangan, arus dan daya pada alat pengujian fungsionalitas modul *controller* Lampu Hemat Energi yang menggambarkan mulai dari pemasangan semua sensor seperti sensor tegangan 8V dan 24V serta sensor arus dan perangkat atau komponen elektronik yang digunakan seperti mikrokontroler ESP32, push button, relay, LCD 16x2 beserta I2C dan power daya yang digunakan.



Gambar 4 Design Elektronik

Rangkaian Sensor Tegangan 8V ini menggunakan 2 resistor dan 1 buah kapasitor. Adapun perhitungan menentukan resistor sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R2}{(R1 + R2)} \times V_{in} \quad (2.1)$$

$$3,3V = \frac{R2}{(12K + R2)} \times 8V$$

$$R2 = 12K \times \frac{3.3V}{8V - 3.3V}$$

$$R2 = 12K \times \frac{3.3V}{4.7V}$$

$$R2 = 12K \times 0,7V$$

$$R2 = 8.425 \Omega$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui untuk kebutuhan nilai R_2 untuk sensor tegangan 8V, namun dengan menyesuaikan dalam kategori resistor E24 maka menggunakan resistor sebesar 10K Ω dan ditambahkan dengan komponen kapasitor senilai 100nF yang berfungsi untuk menambah tingkat akurasi pengukuran tegangan dan sebagai filter tegangan pada saat masuk ke mikrokontroler.

Berikut perhitungan untuk menentukan R_2 pada Sensor Tegangan 24V dengan V_{out} sebesar 3,3V agar pin GPIO mengeluarkan tegangan sesuai tegangan kerja dari pin out GPIO ESP32, V_{in} 8V dan R_1 sebesar 12K Ω , sehingga perhitungan dari nilai resistor yang diperlukan untuk rangkaian sensor tegangan tersebut yaitu :

$$V_{out} = \frac{R2}{(R1 + R2)} \times V_{in} \quad (2.1)$$

$$3,3V = \frac{R2}{(12K + R2)} \times 24V$$

$$R2 = 12K \times \frac{3,3V}{24V - 3,3V}$$

$$R2 = 12K \times \frac{3,3V}{20,7V}$$

$$R2 = 12K \times 0,1594V$$

$$R2 = 1.913 \Omega$$

$$R2 = 2K2\Omega$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui untuk kebutuhan nilai R_2 untuk Sensor Tegangan 24V, namun dengan menyesuaikan dalam kategori resistor E24 maka menggunakan resistor sebesar 2K2 Ω dan ditambahkan dengan komponen kapasitor senilai 100nF yang berfungsi untuk menambah tingkat akurasi pengukuran tegangan dan sebagai filter tegangan pada saat masuk ke mikrokontroler.

Pada perancangan sensor arus yang menggunakan resistor shunt, untuk proses pengukurannya resistor shunt mendapat ground dari 2 baterai yang terpasang secara seri dengan tegangan 3,7V/2000 mAh. Berikut perhitungan pemasangan baterai secara seri agar menambah jumlah tegangan menjadi 8V dengan rumus (2.2)

$$V_{total} = 3,7V + 3,7V = 7,4V$$

Dari perhitungan 2 baterai tersebut dapat diketahui bahwa, apabila baterai dipasang secara seri maka akan menambah tegangan dari baterai tersebut tanpa merubah kapasitas dari baterainya. Sehingga tegangan awal yang hanya sebesar 3,7V dipasang seri dapat menjadi sebesar 7,4 V dengan catatan pada saat baterai dengan kondisi *full charging* dapat mencapai 8 V hingga 8,4 V. Selanjutnya dalam menentukan penggunaan resistor shunt guna untuk pembacaan dengan spesifikasi arus sebesar 100mA – 470mA ini sangat penting. Resistor shunt terhubung dengan ADS1115 dengan mode differensial ended yang terhubung dengan pin A2 dan A3 untuk mengonversi sinyal analog dari resistor shunt menjadi data digital dengan menggunakan gain two yang tegangan resolusinya 0,0625mV untuk setiap bit dan mendapatkan tegangan input dari baterai sebesar 8V.

Pada rangkaian arus yang melewati beban akan menghasilkan tegangan jepit pada resistor shunt. Tegangan jepit ini kemudian diukur oleh ADS1115 melalui input diferensial pada pin A2 dan A3. Apabila pembacaan untuk pengukuran arus menggunakan resistor shunt sebesar 1 Ω , berikut perhitungan arus dan perhitungan untuk rating daya yang dibutuhkan apabila pengujian menggunakan baterai dengan arus sebesar 2000mA.

$$I = \frac{V_{shunt}}{R_{shunt}} \quad (2.3)$$

$$I = \frac{0,47V}{1\Omega}$$

$$I = 0,47A$$

$$P = I^2 \times R \quad (2.4)$$

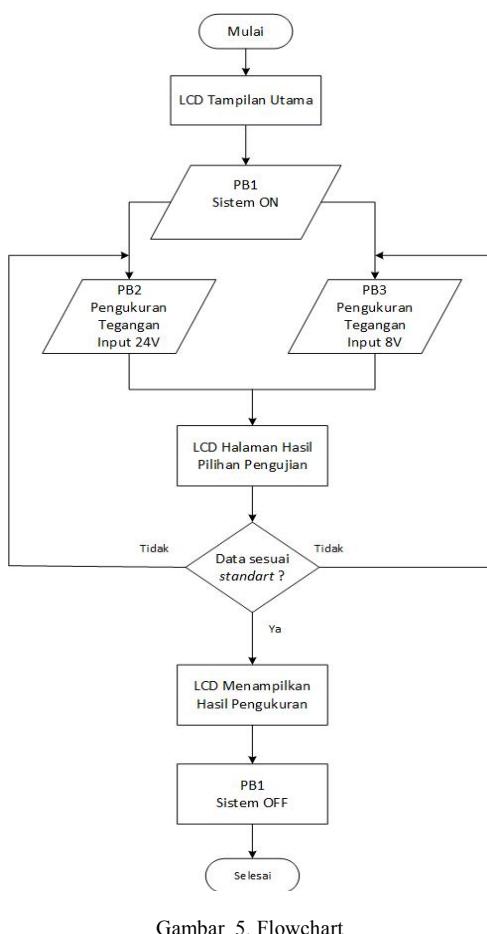
$$P = 0,47A^2 \times 1\Omega$$

$$P = 4W$$

Sehingga, jika menggunakan resistor dengan rating 5 watt maka daya panas sebesar 4W akan aman secara termal.

2.4 Design Software

Perancangan software berfungsi untuk mengontrol input serta menghasilkan output sesuai kebutuhan. Proses perancangan software ini mencakup penggunaan *push button*, sensor arus, sensor tegangan dan ditampilkan pada LCD. Adapun flowchart pada desain software dapat dilihat pada Gambar 5.



3. Hasil dan Pembahasan

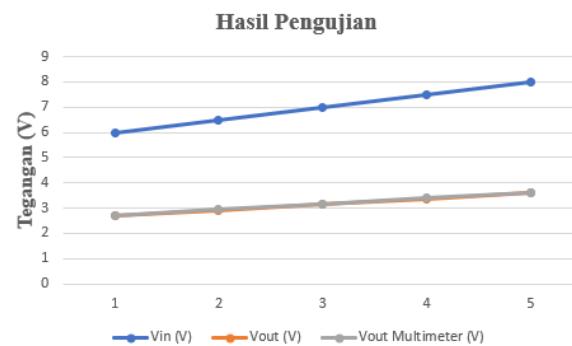
3.1 Pengujian Sensor Tegangan 8V

Dalam perancangan dan pembuatan rangkaian, sensor tegangan yang digunakan untuk mengukur keluaran modul *controller* yang mendapatkan sumber dari baterai yang berfungsi untuk membaca rentang pengukuran tegangan antara 0 hingga 8V. Dalam upaya untuk proteksi keamanan tegangan maksimal maka ditingkatkan hingga 8,4V. Sensor akan terhubung dengan pin analog A0 ADS1115 untuk mengonversi sinyal analog dari pembagi tegangan menjadi data digital dengan menggunakan 16 bit dan resolusi 0,125mV untuk setiap bit dapat meningkatkan akurasi pembacaan tegangan dibandingkan ADC internal mikrokontroler. Tegangan tersebut kemudian diturunkan menjadi 3,3V agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Berikut hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor Tegangan 8V

V_{in}	V_{out} Sensor Tegangan (V)	Pengukuran Multimeter (V)	ADC	Error (%)
6	2,69	2,72	21519	0,01
6,5	2,92	2,94	23359	0,008
7	3,14	3,17	25119	0,01
7,5	3,37	3,39	26959	0,008
8	3,60	3,62	28799	0,008

Dari data Tabel 1 tersebut dapat diolah menjadi grafik perbandingan selisih antara hasil pengukuran multimeter dan sensor tegangan 8 volt, guna mempermudah analisis perbedaan data pengujian. Hasil pengujian sensor tegangan 8 volt ditampilkan pada grafik Gambar 6



Gambar 6. Grafik Pengujian 8V

Dari hasil pada Tabel 2 dan Gambar 6 untuk sensor tegangan 8 volt, nilai *error* sensor tegangan 8 volt dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1

$$\text{error} = \frac{\text{sensor aktual} - \text{sensor alat}}{\text{sensor aktual}} \times 100\%$$

Adapun untuk mengetahui *error* rata – rata dari keseluruhan data pengujian dapat dihitung menggunakan persamaan 3.2 berikut ini

$$\text{error rata – rata} = \frac{\text{error}}{\text{sampling}}$$

Error rata – rata tegangan keluaran sensor tegangan 8V

$$\text{error rata – rata} = \left| \frac{\sum 0,042}{\sum 5} \right|$$

$$\text{error rata – rata} = 0,008\%$$

Sehingga dapat di analisa bahwa hasil dari pengukuran sensor tegangan mendapatkan hasil bahwa *error* minimum dari pembacaan sensor tegangan 8V sebesar 0,008%, *error* maksimal sebesar 0,01%. Hasil pengujian dari tegangan input dan tegangan output sensor adalah linier.

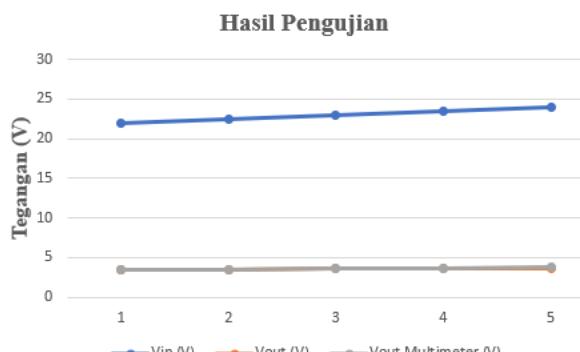
3.2 Pengujian Sensor Tegangan 24V

Pengujian ini digunakan untuk mengukur keluaran modul *controller* yang mendapatkan sumber dari power supply berfungsi untuk membaca rentang pengukuran antara 0 hingga 24 V. Sensor akan terhubung dengan pin analog A1 ADS1115 untuk mengonversi sinyal analog dari pembagi tegangan menjadi data digital. Berikut hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 2

Tabel 2. Pengujian Sensor Tegangan 24V

Vin (V)	Vout Sensor Tegangan (V)	Pengukuran Multimeter (V)	ADC	Error (%)
22	3,40	3,42	27199	0,005
22,5	3,47	3,49	27759	0,008
23	3,55	3,57	28339	0,005
23,5	3,63	3,66	29039	0,008
24	3,71	3,73	29679	0,02

Tabel 2 tersebut diolah menjadi grafik perbandingan selisih antara hasil pengukuran multimeter dan sensor tegangan 24 volt, guna mempermudah analisis perbedaan data pengujian. Hasil pengujian sensor tegangan 24 volt ditampilkan pada grafik Gambar 7



Gambar 7. Grafik Pengujian 24V

Selanjutnya perhitungan untuk persentase nilai *error* yang menggunakan persamaan 3.1 dan untuk mengetahui *error* rata – rata dari keseluruhan hasil data pengujian menggunakan persamaan 3.2

$$\text{error rata – rata} = \left| \frac{\sum 0,046}{\sum 5} \right|$$

$$\text{error rata – rata} = 0,009\%$$

Dari hasil pengujian sensor tegangan 24 volt seperti pada Gambar 7 yang membandingkan hasil dari pembacaan sensor pada mikrokontroler dan pembacaan sensor pada multimeter memiliki *error* yang relatif sangat kecil yaitu tidak lebih dari 0,02% dengan nilai *error* rata – rata sebesar 0,009%.

3.3 Pengujian Sensor Arus

Selanjutnya dalam menentukan penggunaan resistor shunt guna untuk pembacaan dengan spesifikasi arus sebesar 150mA – 470mA ini sangat penting. Resistor shunt terhubung dengan ADS1115 dengan mode differensial ended yang terhubung dengan pin A2 dan A3 untuk mengonversi sinyal analog dari resistor shunt menjadi data digital dengan menggunakan 16 bit dan gain resolusi 0,0625mV untuk setiap bit. Berikut hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor Arus

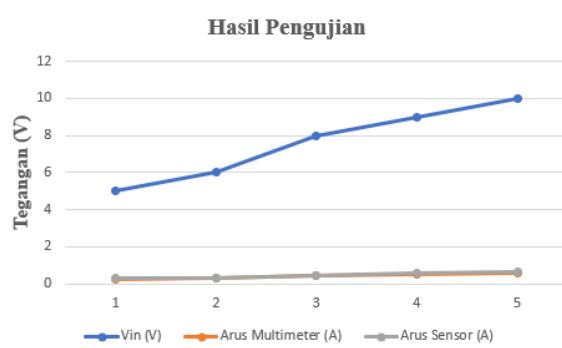
Vin (V)	Arus Multimeter (A)	Arus Sensor (A)	Error (%)
5	0,25	0,28	0,1
6	0,29	0,31	0,06
8	0,43	0,41	0,04
9	0,52	0,56	0,07
10	0,59	0,65	0,09

Pada Tabel 3 menyajikan nilai *error* untuk setiap hasil pengujian yang telah dilakukan. Sementara itu, untuk memperoleh nilai rata – rata *error* dari seluruh data pengujian, digunakan perhitungan berdasarkan persamaan 3.2

$$\text{error rata – rata} = \left| \frac{\sum 0,36}{\sum 5} \right|$$

$$\text{error rata – rata} = 0,07\%$$

Diperoleh nilai *error* tertinggi pada pembacaan sensor arus sebesar 0,1%, nilai *error* terendah sebesar 0,04%, dan rata – rata *error* sebesar 0,07%. Akurasi ini berpengaruh langsung terhadap kinerja sistem, karena proses yang dijalankan berbasis pada sensor sehingga pengujian akan lebih tepat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Selain itu, *error* yang rendah juga mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan sistem, maupun kerusakan pada komponen akibat respon yang tidak sesuai. Sehingga, kalibrasi yang baik akan meningkatkan efektivitas sistem. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, disusun grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Pengujian Sensor Arus

Grafik memperlihatkan perbandingan selisih antara data sensor arus dengan resistor shunt dan hasil pembacaan dari multimeter. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa pengukuran sensor arus telah menunjukkan kesesuaian dengan multimeter arus.

3.4 Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian keseluruhan untuk alat Perancangan Sistem Pengujian Fungsionalitas Untuk Modul *Controller* Lampu Hemat Energi PT. Santinilestari Energi Indonesia yang bertujuan untuk menguji arus, tegangan dan daya dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ditargetkan, mulai dari pembacaan sensor tegangan 24 volt dan 8 volt, sensor arus menggunakan resistor shunt, relay untuk sistem *switching* kedua sumber 24 volt dan 8 volt, hingga menampilkan hasil pengujian pada layar LCD 16x2. Pada pengujian alat Perancangan Sistem Pengujian Fungsionalitas Untuk Modul *Controller* Lampu Hemat Energi yang dilakukan pada produk modul *controller* dapat diketahui pada Tabel 4 dan Gambar 9 berikut



Gambar 9 Tampilan Pengujian Alat

Tabel 4. Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian	Input 24V	Mode	Input 8V	Arus (mA)	Daya (W)
-----------	-----------	------	----------	-----------	----------

	Modul	Vin (V)	(V)	(V)	196	2,28
			LOW	HIGH		
Modul 1	23,61		8,4	271	3,15	3,15
			8,4	376	156	1,30
			8,4	184	1,54	1,54
Modul 2	23,72		8,4	277	2,32	2,32
			8,5	376	3,19	3,19
			8,4	168	1,30	1,30
Modul 3	23,68		8,4	178	1,49	1,49
			8,4	366	3,07	3,07
			8,4	168	1,30	1,30
Modul 4	23,70		8,4	253	2,12	2,12
			8,5	376	3,19	3,19
			8,2	3	0,03	0,03
Modul 5	23,67		8,2	3	0,03	0,03
			8,2	3	0,03	0,03

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa dalam pengujian dari beberapa modul *controller* Lampu Hemat Energi pengujian untuk supply 24 volt tertinggi sebesar 23,72 volt dan dari pengujian dengan 3 mode pengujian *LOW*, *MEDIUM*, dan *HIGH* dengan baterai terukur sebesar 8,5 dengan arus sebesar 3,19 mA kemudian dari pengukuran tegangan dan arus dapat dirubah menjadi daya menggunakan persamaan

$$P (\text{watt}) = V (\text{volt}) \times I (\text{ampere}) \quad (3.3)$$

Dari nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dalam pengujian, maka dapat menggunakan persamaan (3.3), sehingga memungkinkan konsumsi daya yang terukur secara akurat selama pengujian berlangsung. Pada modul 1 terukur 23,61 volt, 8,4 volt untuk ketiga mode dan arus yang terukur 196mA, 291mA dan 376 sehingga pada modul 1 merupakan kategori produk bagus. Modul 2 terukur sebesar 23,72 volt, 8,4 volt untuk mode *LOW* dan *MEDIUM*, 8,5 volt untuk mode *HIGH* dan arus terukur 156mA, 277mA, dan 376mA sehingga modul 2 merupakan kategori produk bagus. Modul 3 terukur 23,68 volt, 8,4 volt untuk ke tiga mode pengujian dan arus sebesar 184mA, 274mA dan 366mA yang merupakan dalam produk bagus. Modul 4 terukur sebesar 23,70, 8,4 volt untuk mode *LOW* dan *MEDIUM*, 8,5 volt untuk mode *HIGH* dan arus terukur 168mA, 253mA dan 376mA sehingga modul 4 juga termasuk produk bagus. Namun, dari Tabel 4 dapat ditentukan produk modul *controller* Lampu Hemat Energi yang termasuk ke dalam produk bagus atau produk *NG (not good)* sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Pada pengujian lima modul *controller*, terdapat satu modul *controller* yang termasuk *NG (not good)* karena pada saat pengujian, nilai arus yang terukur pada modul *controller* tidak sesuai dengan standar yaitu hanya sebesar 3mA dari ketiga mode pengujian.

Sehingga secara keseluruhan pada alat pengujian fungsionalitas Modul *Controller* Lampu Hemat Energi ini dapat digunakan untuk pengujian tegangan, arus dan daya pada produk untuk mengetahui produk modul *controller* yang baik atau bagus dan yang *NG (not good)*. Dengan demikian, alat pengujian ini berhasil memenuhi capaian yang dirumuskan serta mampu menjawab permasalahan terkait kebutuhan verifikasi kualitas modul *controller* pada proses produksi industri lampu hemat energi.

4. Kesimpulan

Alat pengujian fungsionalitas untuk menguji modul *controller* Lampu Hemat Energi berhasil dirancang dan direalisasikan sebuah alat pengukuran yang mampu menguji arus dan tegangan pada sistem modul *controller* Lampu Hemat Energi. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor tegangan berbasis rangkaian pembagi tegangan dan sensor arus menggunakan resistor shunt yang kemudian diolah menggunakan modul ADS1115 sebagai converter analog-ke-digital (ADC). Data hasil pengukuran dengan memiliki nilai *error* rata – rata relative kecil untuk sensor tegangan 8 volt sebesar 0,008%, sensor tegangan 24 volt 0,009% dan sensor arus sebesar 0,07%. Dengan demikian alat ini dapat digunakan sebagai perangkat pendukung dalam proses verifikasi kualitas produk dan peningkatan efisiensi produksi di lingkungan industri.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingannya dalam penyusunan jurnal, semoga senantiasa dilimpahkan rahmat-Nya selalu.

Daftar Rujukan

- [1] C. D. P. Hertadi, M. Sulaiman, and P. G. P. Anwar, "Kajian Industri Energi Terbarukan Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan Arah Kebijakan dan Potensi Alam," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 276–283, 2022, doi: 10.33379/gtech.v6i2.1690.
- [2] S. Ratnawati, "HIDROFILTER TENAGA SURYA IMPLIMENTASI PENDEKATAN STEM PADA MATERI TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN MATA PELAJARAN IPA KELAS 9 MTsN 1 LUMAJANG", [Online]. Available: <https://unars.ac.id/ojs/index.php/pgsdunars/index>
- [3] J. Sistem Kelistrikan, M. Fahmi Hakim, A. Hermawan, F. Kurniawan, and K. Mahda Habsari, "Audit Energi dan Rekomendasi Penghematan Energi Listrik di Gedung Rumah Sakit".
- [4] H. A. Putra, R. P. Kristianto, D. Andrian, Y. C. Oktaviani, and A. A. P. Subhagia, "Pendampingan dan Pemenuhan Lampu Panel Surya Sebagai Penerangan Area Taman dalam Konsep Lingkungan Berkelanjutan Bagi Warga," *BIDIK: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 4, no. 2, pp. 20–30, Apr. 2024, doi: 10.31849/bidik.v4i2.17107.
- [5] E. M. Silalahi, B. Widodo, and R. Purba, "Analisis Total Harmonic Distortion (THD) dan Arus Harmonik Akibat Penggunaan Lampu Hemat Energi (LHE) dan Light-Emitting Diode (LED) secara Kolektif Pada Jaringan Tegangan Rendah," 2016. [Online]. Available: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/jfe/54>
- [6] M. I. Kresnadi, S. Sahara, and N. Dwinovan, "Konversi Limbah Organik Menjadi Sumber Cahaya Berkelanjutan: Pendekatan Teknologi untuk Lampu Hemat Energi," *Jurnal Ilmiah Global Education*, vol. 5, no. 2, pp. 1575–1583, Jun. 2024, doi: 10.55681/jige.v5i2.2837.
- [7] Aji Ana Syeh and Tatang, "Latar belakang 3," 2017.
- [8] A. U. Ryadin and N. T. Putri, "PERBAIKAN WAKTU PROSES CLEARANCE SHEET SMOCK DAN SANDAL ESD DENGAN METODE INNOVATION QUALITY CIRCLE (IQC)," vol. 9, no. 1, pp. 74–89, 2021.
- [9] S. Fuada *et al.*, "Analisis Rangkaian Pembagi Tegangan dan Perbandingan Hasil Simulasinya Menggunakan Simulator Offline," vol. 6, no. 1, pp. 28–46, 2022.
- [10] A. Makruf *et al.*, "Pengukuran Tegangan, Arus, Daya Pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 5, no. 1, pp. 8–16, 2020.
- [11] M. Satrio *et al.*, "Analisis Perhitungan Teori dengan Menggunakan Variasi Simulator Online pada Rangkaian Pembagi Tegangan," [Online]. Available: <http://ejournal.upi.edu/index.php/TELNECT/>
- [12] H. M. Nur, P. A. Topan, T. Andriani, and A. Jaya, "ALTR N DESIGN OF A MICRO VALUED CURRENT MEASUREMENT USING A SHUNT RESISTOR AND AD620 OP-AMP MODULE," 2023.
- [13] N. Dharmaputra, P. Adi, and D. A. Ulinuha, "CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro Desain dan Implementasi Sistem Instrumentasi Sepeda Motor Listrik serta Uji Coba Kinerjanya," 2022.
- [14] E. Supriyadi, D. Siti, D. Prodi, and T. Elektro, "Rancang Bangun System Monitoring dan Kendali Listrik Rumah Tangga Berbasis ESP8266 NodeMCU," 2020.
- [15] P. Dian Tantangan Pendidikan Tinggi, B. Romadhon Parada Dian Palevi, and C. Dewi Megawati, "65153 2) Desain Grafis," p. 65145.