

STUDI KESALAHAN PADA SENSOR LDR SEBAGAI ALAT UKUR INTENSITAS CAHAYA

Ayu Sahara^{*1}, Heriansyah², Fades Br. Gultom³

^{1,2,3} Program Studi D3 Laboratorium Sains, Universitas Bengkulu

e-mail^{*1}: ayusahar1922@gmail.com

Submitted: 8 Des 2024; Revised: 24 Des 2024; Accepted: 26 Des 2024; Published: 26 Des 2024

ABSTRAK

Pencahayaan dalam ruangan merupakan aspek penting yang memengaruhi kenyamanan dan produktivitas aktivitas sehari-hari. Luxmeter dan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) adalah alat yang umum digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Namun, ketepatan dan akurasi pengukuran sensor LDR dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakteristik resistor, kondisi lingkungan, dan kalibrasi alat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kesalahan pengukuran sensor LDR terhadap jarak pengukuran dan daya sumber cahaya. Metode penelitian melibatkan tahapan kalibrasi alat ukur pencahayaan berbasis Arduino. Kalibrasi dilakukan melalui dua tahap, yaitu menggunakan persamaan eksponensial pada resistansi dan regresi linear pada perbandingan skala. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode regresi eksponensial menghasilkan kesalahan pengukuran di bawah 14% pada intensitas cahaya 147 lux. Kesalahan menurun dengan penambahan proses regresi linear pada pengujian pertama, dengan tingkat kesalahan di bawah 7% pada intensitas cahaya 149 lux. Kombinasi metode regresi eksponensial dan linear pada kalibrasi sensor LDR dapat menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah, meningkatkan potensi penggunaan sensor LDR sebagai luxmeter yang lebih akurat.

Kata kunci: Pencahayaan, Sensor LDR, Arduino UNO, Resistor

ABSTRACT

Indoor lighting is a crucial aspect that impacts comfort and productivity in daily activities. Luxmeters and Light Dependent Resistor (LDR) sensors are commonly used tools for measuring light intensity. However, the accuracy and precision of LDR sensor measurements can be influenced by several factors, such as resistor characteristics, environmental conditions, and calibration. This study aims to evaluate the measurement error of LDR sensors in relation to measurement distance and light source power. The research method involves calibrating the light measurement tool based on Arduino. The calibration is conducted in two stages: using an exponential equation for resistance and linear regression for scale comparison. The results show that the exponential regression method yields a measurement error below 14% at a light intensity of 147 lux. The error decreases with the addition of a linear regression process in the first test, achieving an error rate below 7% at a light intensity of 149 lux. The combination of exponential and linear regression methods in calibrating the LDR sensor can result in lower error rates, enhancing the potential of the LDR sensor to be used as a more accurate luxmeter..

Keywords: Lighting, LDR Sensor, Arduino UNO, Resistor

PENDAHULUAN

Pencahayaan dalam ruangan merupakan aspek penting yang perlu dipelajari karena berhubungan langsung dengan kenyamanan dan efisiensi aktivitas dalam ruangan. Untuk itu, diperlukan alat ukur yang akurat guna mengukur intensitas cahaya. Salah satu alat yang umum

digunakan adalah luxmeter. Menurut Gunandi (2002), luxmeter adalah perangkat yang umum digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di suatu lokasi.

Sensor cahaya yang digunakan dalam luxmeter harus memiliki sensitivitas dan linearitas yang tinggi terhadap perubahan intensitas cahaya. Namun, setiap alat ukur, termasuk luxmeter, memiliki kelebihan dan kekurangan. Pamungkas (2015) mencatat bahwa meskipun luxmeter awet digunakan, harganya relatif mahal sehingga sering kali hanya tersedia di laboratorium khusus. Oleh karena itu, pengembangan alat ukur alternatif berbasis mikrokontroler menjadi solusi yang menjanjikan.

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronik yang dapat melakukan satu tugas dengan instruksi khusus yang disimpan pada memori melalui pemrograman. Mikrokontroler dapat menjadi platform yang efektif dalam mengukur intensitas cahaya ketika dikombinasikan dengan sensor yang tepat. Salah satu sensor yang sering digunakan adalah *Light Dependent Resistor* (LDR). LDR merupakan komponen yang resistansinya bervariasi sesuai dengan intensitas cahaya yang diterimanya. Ketika intensitas cahaya tinggi, resistansinya menurun, dan sebaliknya, ketika intensitas cahaya rendah, resistansinya meningkat. Namun, sensor LDR memiliki keterbatasan dalam hal sensitivitas; cahaya yang sangat terang dapat menyebabkan *overload*, sementara cahaya yang sangat redup dapat menghasilkan *noise* berlebihan (Nanda et al., 2022). *Noise* yang diukur pada alat ukur sensor LDR dapat mengakibatkan adanya kesalahan pada pengukuran.

Penelitian oleh Muharnis dan Khairudinsyah (2017) menemukan bahwa hasil pengukuran LDR memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 11,74%, dengan kesalahan terkecil 0,57% dan terbesar 38%, disebabkan oleh variasi intensitas cahaya yang diterima oleh sensor serta jenis sensor yang digunakan. Pada penelitian tersebut, pengujian validasi keterbacaan sensor dilakukan terhadap jarak sensor dari sumber cahaya yang berpotensi menyebabkan ketidakakuratan sensor secara umum. Validasi keterbacaan sensor dilakukan dengan pengujian data sensor terhadap nilai ukur pembandingan, dalam hal ini luxmeter terkalibrasi. Melalui validasi tersebut, akan diperoleh kurva yang menunjukkan tingkat akurasi pengukuran sensor. Ada banyak macam kurva regresi yang digunakan dalam teknik validasi/kalibrasi sensor, yaitu linear, kuadrat, logaritmik, eksponensial, pangkat orde 2, pangkat orde 3, dan lain-lain. Penggunaan jenis validasi persamaan kurva tersebut akan menghasilkan tingkat keakuratan yang berbeda-beda. Pada penelitian lainnya, Marpaung et al. (2022) menemukan bahwa aplikasi *smart luxmeter* pada *smartphone* memiliki akurasi maksimal sebesar 84%, dengan kemungkinan kesalahan $\pm 16\%$. Meskipun aplikasi tersebut sudah dikalibrasi dalam studi sebelumnya, peningkatan akurasi alat ukur ini tetap sulit untuk dicapai dan perlu dilakukan validasi keterbacaan kembali.

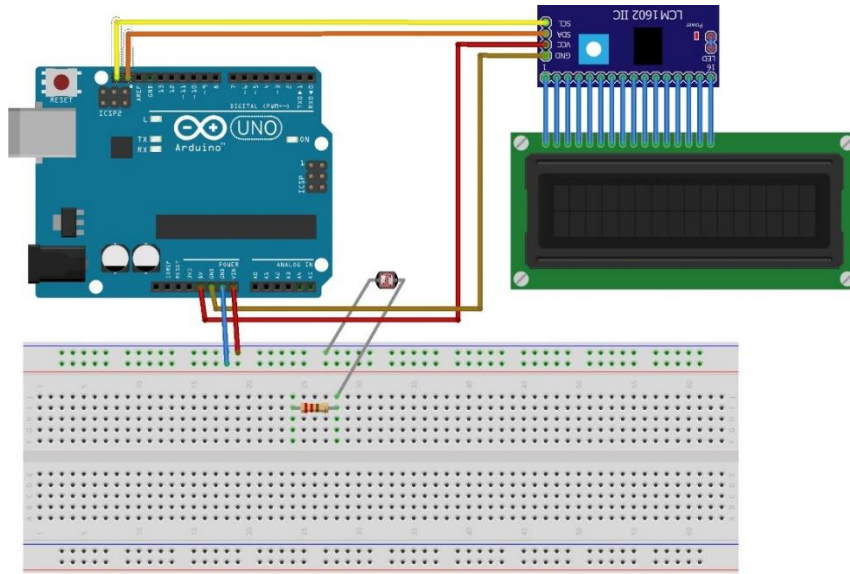
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi alat ukur intensitas cahaya berbasis Arduino Nano yang memanfaatkan sensor LDR dengan akurasi yang tinggi. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa alat ukur ini dapat menjadi alternatif yang lebih terjangkau dan efisien dibandingkan luxmeter konvensional, sehingga dapat digunakan secara luas baik dalam lingkungan laboratorium maupun di luar laboratorium. Penelitian ini berfokus pada analisis tingkat kesalahan pengukuran yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

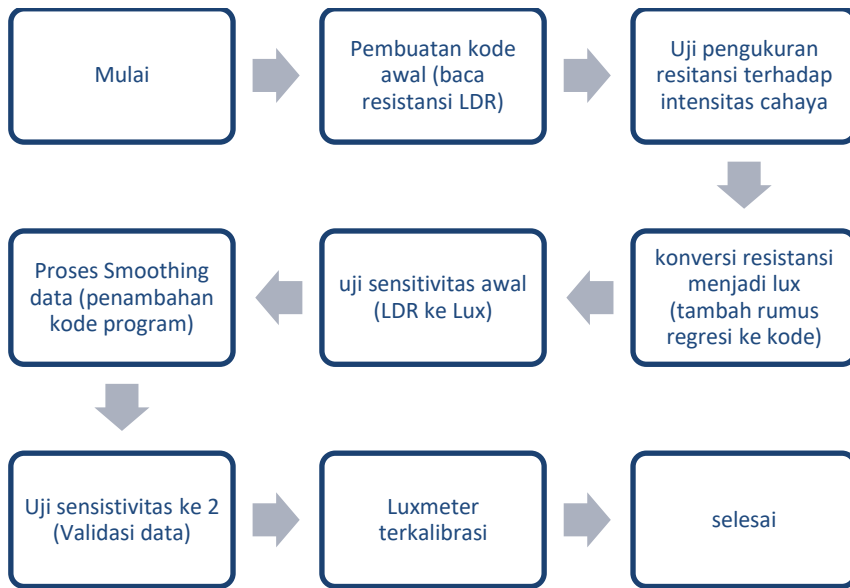
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu perancangan *hardware*, perancangan *software*, dan pengujian produk. Pada tahap perancangan *hardware*, alat luxmeter alternatif menggunakan mikrokontroler arduino UNO. Luxmeter berbasis arduino ini menggunakan LCD display sebagai layar, kabel *jumper* dan resistor 10 k Ω sebagai resistansi referensi. Rangkaian disusun seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

Perancangan *software* dilakukan dengan menggunakan program Arduino IDE. Pada perancangan *software*, kode program disesuaikan untuk memperoleh tingkat akurasi pengukuran melalui sensor LDR. Melalui pengukuran sinyal analog dari sensor berupa besar resistansi yang dipengaruhi oleh cahaya, kalibrasi dilakukan menggunakan pendekatan regresi yang sesuai. Uji

coba pada proses kalibrasi menggunakan *smart light bulb* yang dapat diubah tingkat intensitasnya. Gambar 2 menunjukkan langkah perancangan *software* yang dilakukan.



Gambar 1. Rangkaian luxmeter berbasis arduino



Gambar 2. langkah perancangan software

Pengujian alat ukur dilakukan berdasarkan perubahan kode pemrograman. Pengukuran dilakukan pengulangan 3 kali untuk melihat tingkat presisi data yang diperoleh pada alat ukur. Analisis data yang dilakukan adalah tingkat *error* dari hasil pengukuran terhadap luxmeter referensi.

$$Errorr(\%) = \frac{I_{arduino} - I_{luxmeter}}{I_{luxmeter}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$I_{arduino}$ adalah nilai intensitas dari alat ukur luxmeter berbasis arduino, $I_{luxmeter}$ adalah nilai intensitas dari alat ukur luxmeter referensi. *Error* adalah tingkat kesalahan dalam pengukuran dari alat ukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dilakukan sesuai dengan skema rangkaian yang telah dirancang sebelumnya, kemudian ditutup dengan kotak elektronik sebagai rangka luarnya. Gambar 3 menunjukkan bentuk rancangan alat yang telah dibuat



Perancangan kode pemrograman dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE. Kode pemrograman dirancang agar hasil pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk angka pada layar LCD, kalibrasi alat juga dilakukan dengan menyesuaikan kode pemrograman dengan hasil yang ditampilkan pada layer LCD. Hasil perancangan *software* ditunjukkan pada gambar 5.

(a)

(b)

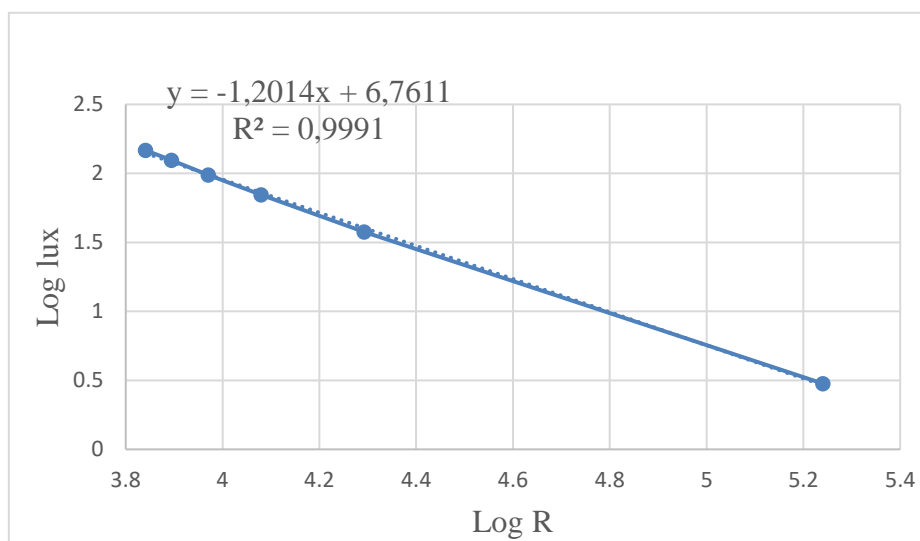
Gambar 4. Kode program pada alat luxmeter berbasis arduino(a) kode defenisi konstanta, variabel dan fungsi (b) kode model *equation* kalibrasi yang digunakan

Tabel 1. Hasil uji hubungan intensitas cahaya dan resistansi LDR

No.	Intensitas Lampu	Lux meter (lux)	Nilai resistansi (Ω)
1.	1%	3,00	173785
2.	20%	37,67	19623,33
3.	40%	70,00	12015,67
4.	60%	97,67	9338,00
5.	80%	124,33	7842,67
6.	100%	147,00	6937,00

Kalibrasi dilakukan untuk mengurangi kesalahan yang terjadi dalam proses pengukuran. Kalibrasi dapat membantu meningkatkan akurasi alat ukur sehingga hasil pengukuran yang diperoleh lebih akurat dan dapat diandalkan. Proses kalibrasi dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah konversi nilai resistansi yang diukur oleh luxmeter berbasis arduino menjadi nilai lux, melalui uji linearitas nilai resistansi dengan luxmeter referensi.

Berdasarkan data hasil uji coba sensor LDR terhadap intensitas cahaya yang dilakukan, proses regresi linear dilakukan untuk menjadi patokan konversi hasil ukur sensor LDR menjadi nilai lux. Hasil pengukuran hambatan LDR terhadap intensitas cahaya menunjukkan semakin besar nilai intensitas cahaya maka nilai hambatan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nurhayati & Maisura (2021), bahwa penggunaan sensor LDR dalam mengukur intensitas cahaya menunjukkan bahwa resistansi sensor berbanding terbalik dengan intensitas cahaya yang diterima. Semakin tinggi intensitas cahaya, semakin rendah resistansi yang terukur. Namun, penurunan hambatan terhadap intensitas tidak linear, hal ini disebabkan hubungan hambatan dan intensitas cahaya berubah secara eksponensial. Oleh karena itu, sistem regresi yang mungkin digunakan merujuk pada regresi eksponensial atau logaritmik. Pada penelitian ini menggunakan konversi nilai intensitas dan hambatan pada nilai logaritmik, yang kemudian dijadikan sistem regresi linear nilai log (Log R merujuk pada logaritma nilai resistansi (R) sedangkan Log Lux merujuk pada logaritma nilai intensitas cahaya yang diukur dalam satuan lux). Hasil pengukuran yang akurat juga dipengaruhi oleh faktor laju *recovery* sensor, dimana sensor LDR mampu kembali ke kondisi awal dengan cepat setelah mengalami perubahan intensitas (Nurhayati & Maisura, 2021).



Gambar 5. Grafik hubungan logaritma dari intensitas cahaya dan hambatan

Berdasarkan regresi linear terhadap nilai logaritmik dari hasil pengukuran LDR dan luxmeter diperoleh nilai regresi $y = -1,2014x + 6,7611$. Namun data ini masih dalam bentuk y adalah Log lux dan x adalah log R, sehingga perlu dikonversi untuk mengembalikan nilai lux dan R pada informasi regresi. Dari persamaan linear logaritma, akan di konversi menjadi persamaan eksponensial dengan nilai $y = x^{-1,2014} \cdot 10^{6,7611}$ sehingga diperoleh untuk nilai lux *scalar* adalah 5.767.664 dan nilai lux eksponen adalah -1,2014.

Tabel 2. Hasil uji error alat ukur sensor LDR

No.	Intensitas Lampu	Lux meter (lux)	Lux LDR	Error
1.	1%	3	2	33,33%
2.	20%	36	35	2,78%
3.	40%	68	65	4,41%
4.	60%	97,67	89,33	8,53%
5.	80%	124	111	10,48%
6.	100%	149,33	129,66	13,17

Setelah perbaikan kode dilakukan dengan menggunakan hasil regresi, maka dilakukan uji sensitivitas alat ukur. Uji ini dilakukan dengan menganalisis *error* alat ukur berbasis Arduino terhadap alat ukur referensi.

Berdasarkan hasil uji *error* pada tabel 2 menunjukkan intensitas yang sangat rendah menunjukkan tingkat *error* yang cukup besar. Sedangkan dengan meningkatnya intensitas maka tingkat *error* juga meningkat. Pada kondisi sangat gelap, *noise* (gangguan) pada sensor LDR diakibatkan oleh resistansi yang tinggi. Selain itu resolusi LDR saat membaca sinyal analog pada LDR di saat resistansi tinggi mengakibatkan variasi yang cukup besar pada hasil digital yang dibaca oleh ADC. Namun, dengan terpaparnya intensitas cahaya yang stabil maka LDR bekerja pada rentang respon cahaya yang lebih linear dan stabil. Semakin tinggi intensitas cahaya memungkinkan respon LDR semakin non-linier, sehingga perubahan kecil dalam intensitas cahaya tidak secara proporsional mempengaruhi resistansi.

Hasil pengukuran *error* dalam penelitian oleh Shiddiqy & Sunardi (2024) menunjukkan perbedaan yang signifikan pada pengukuran *error* sensor LDR. Sebelum kalibrasi, intensitas cahaya alami di pagi hari menunjukkan penurunan *error* seiring meningkatnya intensitas cahaya. Namun, setelah kalibrasi, data menunjukkan ketidakstabilan hasil pengukuran *error* pada tiap waktu. Perbedaan ini dapat didasarkan pada penggunaan metode validasi regresi linear dalam penelitian tersebut. Akan tetapi, perbedaan yang ditemukan juga dimungkinkan karena LDR juga sensitif dengan perbedaan panjang gelombang (Kholifah, et al, 2024). Pada pagi hari, cahaya alami dominan dengan cahaya biru dan cenderung lebih kurang koheren dibandingkan cahaya buatan sehingga mengurangi *noise* yang dibaca oleh sensor. Oleh karena itu, dimungkinkan hasil pengukuran *error* cenderung menurun dengan meningkatnya intensitas cahaya. Namun perbedaan kondisi cuaca dan lingkungan di pagi hari juga mempengaruhi pengukuran intensitas cahaya oleh sensor LDR, sehingga pengukuran cenderung tidak stabil pada beberapa waktu.

Kemudian hasil pengujian pertama dilakukan regresi linear antara alat ukur berbasis arduino dan referensi untuk meningkatkan akurasi. Akan tetapi respon data yang diperoleh dari hasil pengukuran bergerak cukup tidak stabil pada kondisi tertentu sehingga perlu dilakukan "*smoothing*" agar data pengukuran stabil. Resolusi ADC menjadi penyebab data LCD yang diukur berubah-ubah pada kondisi intensitas yang tetap. Resolusi ADC pada arduino tidak cukup tinggi dalam menangani variasi kecil dalam sinyal yang diterima. Oleh karena itu dapat dilakukan proses *smoothing*. Adapun kode program tambahan yang digunakan pada gambar 6,

```
float smoothedLux = 0; // Nilai lux yang dirata-ratakan
const float smoothingFactor = 0.1; // Faktor penghalusan,
semakin kecil semakin halus
// Menggunakan filter rata-rata eksponensial untuk meratakan
nilai lux
smoothedLux = (smoothingFactor * ldrLux) + (1 -
smoothingFactor) * smoothedLux;
```

Hasil pengujian kedua dilakukan sebagai validasi ulang untuk melihat tingkat akurasi pengukuran pada alat ukur setelah proses regresi dan *smoothing*. Hasil pengujian menunjukkan tingkat *error* semakin kecil. Selain itu *noise* pada kondisi gelap akibat resistansi yang sangat tinggi dapat di hilangkan. Meskipun tingkat *error* meningkat dengan meningkatnya intensitas, namun rentang *error* lebih kecil sehingga hasil pengujian alat ukur menggunakan sensor LDR memperoleh nilai *error* yang kurang dari 7 %.

Penggunaan proses kalibrasi dengan metode kalibrasi dengan regresi logaritmik dan linear secara bertahap pada alat ukur yang di rancang memberikan kondisi kesalahan atau *error* yang cukup kecil. Dimana hasil pengujian menunjukkan *error* kurang dari 7%. Hal ini menunjukkan metode kalibrasi yang dilakukan cukup baik dibanding metode kalibrasi lainnya. Menurut Khotimah *et al* (2022) validasi kalibrasi dapat menggunakan persamaan linear, kuadratik, eksponensial, dan logaritma namun tingkat kesalahan atau *error* yang ditemukan pada eksperimen masih terlalu besar, sekitar 6-180%. Berdasarkan penelitian tersebut, validasi menggunakan

persamaan linear memiliki *error* paling rendah sebesar 35,33% pada nilai intensitas sebesar 2968 lux, persamaan kuadratik paling rendah 7,71% pada nilai intensitas sebesar 2968 lux, persamaan eksponensial 6,64 % pada nilai intensitas sebesar 208 lux, dan persamaan logaritmik 40% pada intensitas tinggi sebesar 2968 lux (Khotimah *et al*,2022).

Tabel 3. Kalibrasi Akhir

No.	Intensitas Lampu	Lux meter (lux)	Lux LDR	Error
1.	1%	7	7	0%
2.	20%	47	46	2,12%
3.	40%	84	80	4,76%
4.	60%	117	110	5,98%
5.	80%	145	136	6,20%
6.	100%	171	160	6,43%

Penelitian ini menunjukkan bahwa kalibrasi menggunakan metode regresi logaritmik dan linear secara bertahap pada sensor LDR berbasis Arduino UNO memberikan peningkatan akurasi yang signifikan dengan tingkat *error* di bawah 7%. Proses *smoothing* yang diterapkan juga berhasil mengurangi *noise* pada pengukuran, terutama pada intensitas cahaya rendah. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ukur ini dapat menjadi alternatif yang lebih terjangkau dan efisien dibandingkan luxmeter konvensional. Dengan demikian, kombinasi metode kalibrasi ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan alat ukur intensitas cahaya berbasis sensor LDR untuk aplikasi di lingkungan laboratorium maupun di luar laboratorium. Selain itu penggunaan ukuran LDR juga akan berpengaruh pada tingkat sensitivitas terhadap perubahan tingkat intensitas cahaya, di mana ukuran 10 mm cenderung memberikan tingkat pembacaan lebih tinggi pada intensitas cahaya rendah dibandingkan ukuran 5 mm (Kusuma et al, 2023).

KESIMPULAN

Sensor LDR dapat digunakan untuk menjadi sensor intensitas cahaya berbasis arduino. Lux meter berbasis arduino uno dan sensor LDR cukup populer sebagai alternatif luxmeter. Proses kalibrasi dengan 2 tahap regresi sangat baik dalam meminimalisir *error*. Pada penelitian menunjukkan terjadinya penurunan *error* setelah dilakukan konversi dengan regresi logaritmik dan uji validasi menggunakan regresi linear. *Error* yang diperoleh pada sensor LDR dengan proses kalibrasi 2 tahapan metode regresi menunjukkan nilai dibawah 7%. Kondisi *noise* dapat dikurangkan dengan proses regresi linear dan *smoothing*. Penggunaan tahapan kalibrasi pada penelitian dapat menjadi referensi untuk digunakan pada luxmeter berbasis arduino uno dan sensor LDR di kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunadhi, A. 2002. Perancangan dan implementasi alat ukur cahaya sederhana. *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelejen (KOMMIT 2002)*.
- Kholifah, N., Febrianti, R.A., Yasmin, G.A., & Hidayati, N.F. 2024. Karakterisasi Sistem Sensor LDR Berdasarkan Perbedaan Panjang Gelombang Cahaya. *Journal of Electronics and Instrumentation*. 1(2), 78-86
- Khotimah, O., Darmawan, D., & Rosdiana, E. 2022. Perangkat dan Metoda Kalibrasi Sensor Universal. *eProceedings of Engineering*, 9(3).
- Kusuma, H.A., Saputra, H., Muhazri, & Sandi, T.K. 2023. Analisa Perbandingan Performa Sensor Light Dependent Resistor (LDR) pada Ukuran 5 mm dan 10 mm dalam pengukuran Intensitas Cahaya. *Conference: Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE)*, FORTEI, Magelang, 175-180

- Marpaung, R. R., Mulyaningsih, N. N., dan Sapundani, R. 2022. Tingkat Akurasi Aplikasi Smart Lux Meter sebagai Solusi Percobaan Mandiri pada Pembelajaran Jarak Jauh. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(1), 1-5.
- Muharnis, M., & Khairudinsyah, K. 2022. Analisa Perbandingan Pengukuran Intensitas Cahaya Peaktech Tipe 5035 Dengan Sensor LDR Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Di Gedung Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis. *Jurnal Sainstek*, 5(1).
- Nanda, R. A., Karyadi, K., dan Dewadi, F. M. 2022. Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Sensor BH-1750 Berbasis Mikrokontroler: Studi Kawasan Kampus UBP Karawang. *Praxis: Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring*, 5(1), 74-81.
- Nurhayati & Maisura, B. 2021. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Nyala Lampu dengan Menggunakan Sensor Cahaya Light Dependent Resistor. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. 5(2), 103-122.
- Pamungkas, M., Hafiddudin, H., dan Rohmah, Y. S. 2015. Perancangan dan realisasi alat pengukur intensitas cahaya. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 3(2), 120.
- Shiddiqy, M. I. A., & Sunardi. 2024. Performance Analysis of LDR, Photodiode, and BH1750 Sensor for Sunlight Measurement in Open Areas. *Signal and Image Processing Letters*. 6(1), 11-26