

## EVALUASI KINERJA BERBAGAI JENIS SENSOR LDR SEBAGAI LUXMETER MELALUI KALIBRASI REGRESI EKSPONENSIAL DAN POWER

Heriansyah<sup>\*1</sup>, Fades Br Gultom<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi D3 Laboratorium Sains FMIPA Universitas Bengkulu

e-mail<sup>\*1</sup>: [heriansyah@unib.ac.id](mailto:heriansyah@unib.ac.id)

Diterima 30 Oktober 2025

Dipublikasikan 15 Desember 2025

DOI Artikel: <https://doi.org/10.33369/jkf.8.3.87-94>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja beberapa jenis sensor Light Dependent Resistor (LDR) sebagai alternatif sensor luxmeter berbasis Arduino melalui penerapan metode kalibrasi regresi eksponensial dan power. Empat tipe LDR yang diuji meliputi GL5506, GL5528, GL5537, dan GL5539. Pengujian dilakukan menggunakan sumber cahaya buatan (smartbulb) dengan variasi intensitas 5% hingga 100%, sedangkan luxmeter standar digunakan sebagai alat acuan. Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan parameter statistik *coefficient of determination* ( $R^2$ ), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan galat rata-rata untuk menentukan akurasi dan stabilitas tiap sensor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai  $R^2$  seluruh tipe sensor berada pada rentang 0,9772–0,9992, menandakan bahwa kedua model regresi mampu merepresentasikan hubungan nonlinear antara nilai keluaran sensor dan intensitas cahaya aktual. Sensor GL5506 menunjukkan performa paling akurat dengan  $R^2 = 0,9962$ , RMSE = 13,13 lux, MAE = 11,1 lux, dan galat rata-rata 2,89% menggunakan model power. Model regresi power memberikan hasil lebih baik pada sensor dengan respon cepat seperti GL5506 dan GL5528, sedangkan model regresi eksponensial lebih sesuai untuk sensor dengan respon perlahan seperti GL5537 dan GL5539. Dengan tingkat galat di bawah 7%, seluruh sensor LDR layak digunakan sebagai alternatif luxmeter berbasis mikrokontroler yang ekonomis dan cukup akurat untuk aplikasi pendidikan maupun penelitian dasar.

Kata kunci—LDR, luxmeter, kalibrasi, regresi eksponensial, regresi power

### ABSTRACT

This study aims to evaluate the performance of various types of Light Dependent Resistor (LDR) sensors as alternative luxmeters based on Arduino using exponential and power regression calibration methods. Four LDR types—GL5506, GL5528, GL5537, and GL5539—were tested under controlled lighting conditions using a dimmable smart bulb with light intensity variations from 5% to 100%. A commercial GM1030C luxmeter was used as the calibration reference. The measured data were analyzed using statistical parameters, including the coefficient of determination ( $R^2$ ), root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), and mean percentage error, to determine the accuracy and stability of each sensor. The results show that all sensor types achieved  $R^2$  values ranging from 0.9772 to 0.9992, indicating that both regression models effectively represent the nonlinear relationship between sensor output and actual light intensity. The GL5506 sensor exhibited the best accuracy with  $R^2 = 0.9962$ , RMSE = 13.13 lux, MAE = 11.1 lux, and an average error of 2.89% using the power regression model. The power regression model performed better for sensors with fast and linear responses (GL5506 and GL5528), while the exponential regression model was more suitable for sensors with gradual nonlinear responses (GL5537 and GL5539). With overall errors below 7%, all LDR sensors tested are suitable for use as economical and reliable Arduino-based luxmeters for educational and basic research applications.

Keywords—LDR, luxmeter, calibration, exponential regression, power regression

### I. PENDAHULUAN

*Illuminance* atau intensitas cahaya merupakan aspek yang penting pada berbagai bidang karena dapat mempengaruhi suatu proses biologis, kenyamanan visual, kesehatan psikologis, dan juga efisiensi energi. Pada sektor pertanian modern, intensitas cahaya tinggi berpengaruh pada sistem budidaya *Origanum majorana* yang meningkatkan kandungan protein hingga 1,4 kali dari intensitas

cahaya rendah (1). Pada sektor tata ruang, secara spesifik ruang belajar membutuhkan kondisi pencahayaan ruang sebesar 300 lux sesuai dengan standar SNI, sehingga kegagalan dalam memenuhi kondisi ini akan berdampak negatif pada konsentrasi belajar siswa (2). Pada aktivitas di laboratorium, pencahayaan yang sesuai standar akan memberikan pengaruh baik, terutama dalam menghindari terjadinya *noise* pengukuran atau kesalahan dalam pengujian yang berkaitan dengan kondisi pencahayaan ruang (3). Selain itu, Pencahayaan yang kurang baik dapat mengganggu penglihatan dan dapat menyebabkan kelelahan mata. Sebaliknya, dalam konteks efisiensi energi intensitas cahaya standar untuk ruangan memerlukan pengelolaan lampu yang tepat. Berbagai contoh tersebut menegaskan bahwa intensitas cahaya bukan sekedar faktor pelengkap, melainkan variabel terukur yang memiliki konsekuensi nyata. Oleh karena itu, ketersediaan alat ukur intensitas cahaya yang akurat dan terjangkau menjadi kebutuhan mendasar dalam mendukung efektivitas di berbagai bidang.

Luxmeter adalah alat ukur standar yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Meski luxmeter komersial menawarkan akurasi tinggi dan kalibrasi pabrik, namun kendala biaya dan ketersediaan sering membatasi penggunaan luxmeter terutama pada institusi pendidikan atau penerapan pada skala kecil. Alternatif alat ukur intensitas cahaya sangat dibutuhkan terutama dengan biaya rendah. Pemanfaatan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai detektor cahaya merupakan pilihan ekonomis sebagai alternatif luxmeter. Sensor LDR menunjukkan perubahan resistansi sesuai dengan kondisi intensitas cahaya (4). Sensor LDR memiliki akurasi lebih baik dari pada sensor photodiode, namun sensor BH1750 masih lebih unggul (5). Meskipun penggunaan sensor LDR lebih hemat dan relatif baik, namun akurasinya masih menjadi tantangan. Tipe LDR berbeda, seperti tipe GL5516, GL5528, GL5537, dan GL5539 akan menunjukkan karakteristik yang berbeda juga, serta mempengaruhi tingkat akurasi dari sensor LDR (6). Konversi nilai resistansi LDR ke nilai lux memerlukan pendekatan matematis yang sesuai seperti regresi linear/polynomial/logaritmik/eksponensial/pangkat dalam meningkatkan akurasi.

Sensor LDR merupakan kandidat populer sebagai luxmeter berbasis mikrokontroler. Pengukuran intensitas cahaya pada sensor LDR dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler. Meskipun informasi yang ditangkap oleh mikrokontroler adalah ADC, namun nilai ADC tidak secara langsung merepresentasikan nilai lux. Hal ini dikarenakan hubungan resistansi LDR dan intensitas cahaya bersifat nonlinear. Proses regresi dapat dilakukan untuk mengonversi nilai dari ADC menjadi nilai lux. Semakin baik penggunaan regresi yang tepat maka semakin akurat dan kecil nilai galatnya.

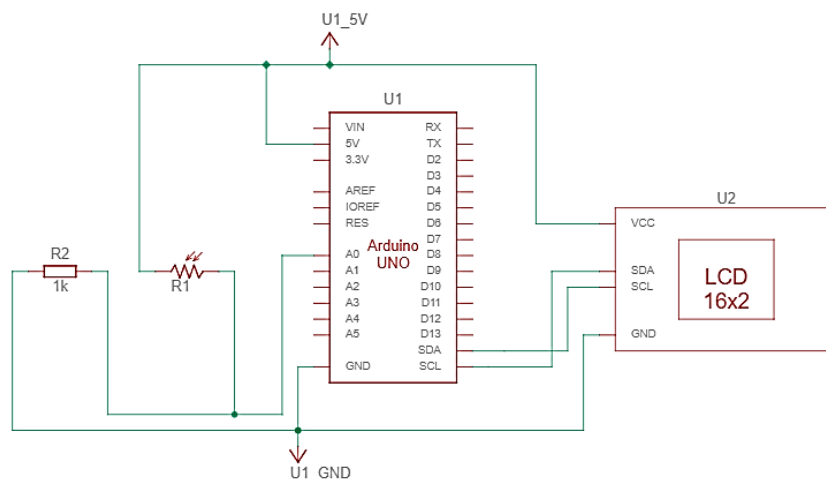
Berbagai studi pengembangan alat ukur berbasis LDR menunjukkan bahwa sensor LDR mampu memberikan pengukuran intensitas cahaya dengan galat yang tidak terlalu besar. Penggunaan regresi polynomial orde 2 pada alat ukur intensitas cahaya berbasis sensor LDR di satu penelitian menunjukkan galat paling tinggi yaitu 8,77% pada jarak sensor dari sumber 1 meter, sedangkan galat paling rendah yaitu 5,85% dengan jarak sensor 3 meter dari sumber (7). Galat pada sensor LDR terhadap nilai intensitas cahaya bisa bervariasi bergantung regresi yang digunakan. Pada Penelitian lainnya, galat paling besar di atas 35% ditemukan pada regresi linear dan logaritmik, sedangkan regresi eksponensial dan kuadratik memiliki galat di atas 6% dengan regresi eksponensial memiliki rentang galat yang lebih baik (8). Jenis ukuran LDR memiliki pengaruh juga terhadap pengukuran intensitas cahaya oleh sensor LDR. Penerapan regresi polinomial pada sensor LDR 5 mm dan 10 mm cenderung memberikan  $R^2$  paling tinggi yakni masing-masing 0,994 dan 0,995 (9). Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara komprehensif membandingkan berbagai tipe LDR dan metode kalibrasi yang sesuai untuk aplikasi luxmeter berbasis Arduino.

Penelitian ini penting untuk mengisi kesenjangan dalam literatur terkait evaluasi komparatif berbagai tipe LDR dan pengembangan metode regresi yang tepat untuk meningkatkan akurasi pengukuran intensitas cahaya. Dengan memahami karakteristik masing-masing tipe LDR dan menerapkan metode regresi yang sesuai, diharapkan dapat dikembangkan luxmeter berbasis Arduino yang ekonomis namun memiliki akurasi yang dapat diterima. Hal ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan perangkat pengukuran cahaya yang terjangkau untuk aplikasi pendidikan, penelitian, dan industri kecil.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen komparatif dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis performa beberapa tipe sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai alternatif sensor luxmeter berbasis Arduino. Pengujian dilakukan dalam kondisi pencahayaan terkontrol untuk memperoleh data intensitas cahaya yang valid, kemudian dilakukan kalibrasi dengan model regresi eksponensial dan power, serta melakukan analisis statistik sederhana untuk melihat nilai galat dari alat ukur.

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah prototipe luxmeter berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang dirancang untuk membaca tegangan keluaran dari empat tipe LDR (GL5506, GL5528, GL5537, dan GL5539). Instrumen pembanding yang digunakan adalah luxmeter standar komersial dengan merek GM1030C sebagai acuan kalibrasi. Perangkat pendukung lain meliputi LCD 16×2 untuk tampilan real-time, serta smartbulb 12 watt dengan dimmable lumens maksimal 1300 lm sebagai sumber cahaya dengan intensitas terukur. Skematik rangkaian luxmeter dengan sensor LDR dapat dilihat pada Gambar 1. Resistor tambahan digunakan sebagai *voltage divider* dengan nilai 10kΩ.



Gambar 1. Skematik rangkaian luxmeter dengan sensor LDR

Pengujian dilakukan dengan perubahan tingkat cahaya lampu 5% sampai dengan 100%. Tingkat pencahayaan lampu tingkatan tiap 5%. Pengujian dilakukan pada *test box* hitam dengan ukuran 70 x 50 cm<sup>2</sup>. Jarak sumber cahaya dengan sensor dibuat tetap dengan jarak 57 cm. Hasil pengukuran awal dijadikan dasar untuk penyesuaian dengan model regresi. Setelah proses pengkalibrasian data menggunakan model regresi antara nilai ADC dan nilai Lux pada alat ukur standar, maka dilakukan pengukuran ulang untuk menunjukkan keakuratan alat ukur. Dalam menentukan keakuratan alat, dilakukan analisis galat pada hasil ukur.

Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak statistik seperti excel. Adapun analisis yang dilakukan yaitu menghitung  $R^2$ , RMSE, MAE dan galat. Hasil analisis digunakan untuk menentukan tipe sensor LDR dengan performa paling stabil dan akurat, serta model regresi terbaik untuk proses kalibrasi. Analisis dari  $R^2$ , RMSE, MAE dan galat pada model regresi di gunakan untuk validasi kemampuan *low-cost sensor* dengan alat ukur acuan (10).

Penelitian ini hanya difokuskan pada evaluasi performa empat tipe sensor LDR pada sistem luxmeter berbasis arduino. Pengujian dilakukan pada kondisi cahaya buatan dengan tingkat intensitas cahaya dibawah 600 lux. Pengujian dilakukan pada ruang uji terbatas sehingga tidak mewakili seluruh spektrum cahaya alami. Kalibrasi dilakukan dengan manual regresi untuk tiap sensor.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi sensor LDR sebagai sensor cahaya dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dan kesesuaian respon sensor terhadap intensitas cahaya yang diukur menggunakan luxmeter standar. Hubungan nilai ADC dan resistansi LDR terhadap intensitas cahaya dapat dimodelkan dengan fungsi matematis yaitu regresi eksponensial atau regresi power. Pada penelitian ini 4 jenis LDR yaitu

GL5506, GL5528, GL5537, dan GL5539 akan di kalibrasi untuk pengukuran intensitas cahaya dengan 2 model regresi. Data pengujian intensitas cahaya pada sensor LDR sebelum di kalibrasi ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai pengukuran ADC dan  $R_{LDR}$  terhadap intensitas cahaya pada LDR dengan tipe berbeda.

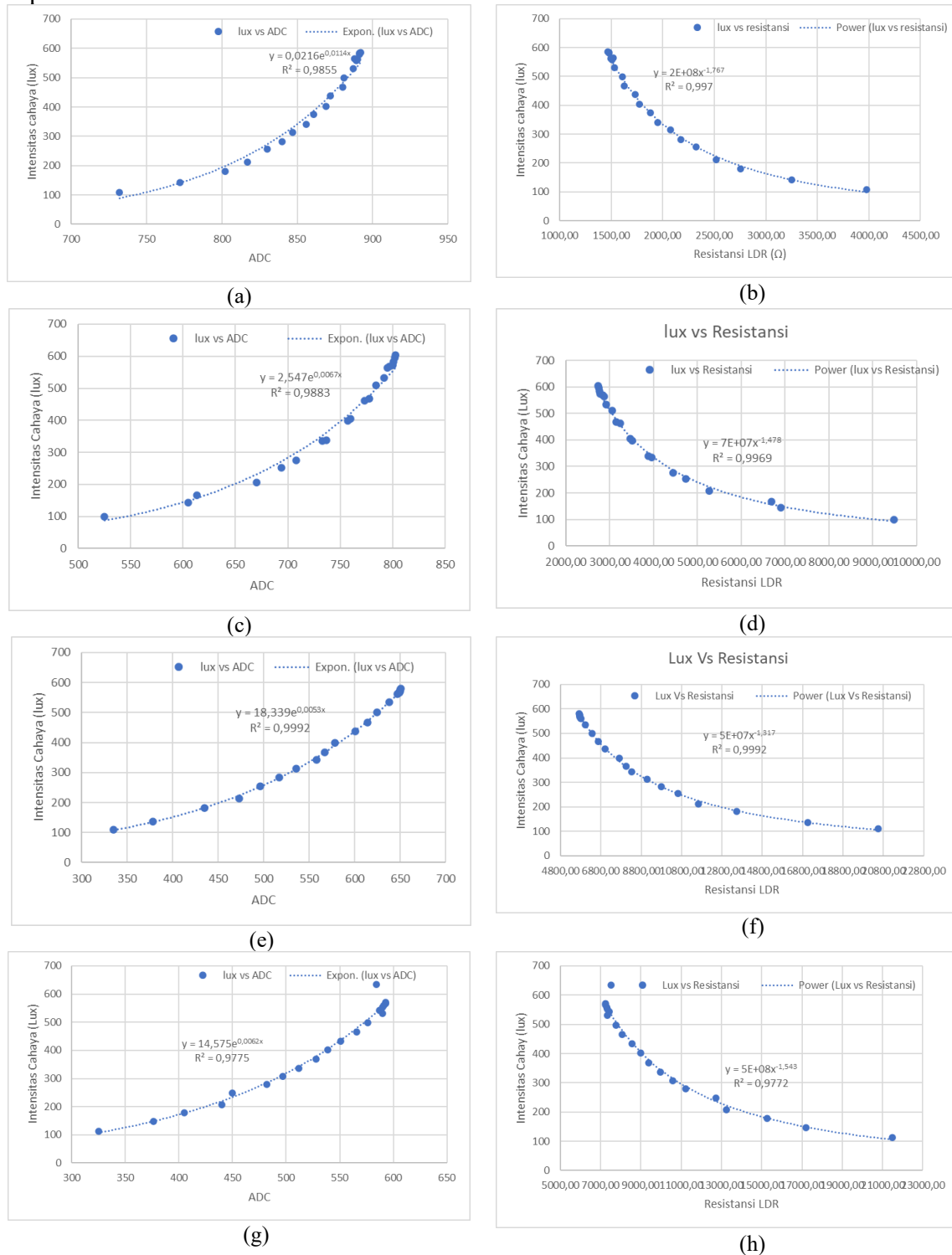
| No. | Tingkat cahaya lampu | Intensitas rata-rata (lux) | Nilai ADC dan resistansi untuk tiap tipe LDR |                        |        |                        |        |                        |        |                        |
|-----|----------------------|----------------------------|--|------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|
|     |                      |                            | GL5506                                       |                        | GL5528 |                        | GL5537 |                        | GL5539 |                        |
|     |                      |                            | ADC  | $R_{LDR}$ ( $\Omega$ ) | ADC    | $R_{LDR}$ ( $\Omega$ ) | ADC    | $R_{LDR}$ ( $\Omega$ ) | ADC    | $R_{LDR}$ ( $\Omega$ ) |
| 1   | 5%                   | 107,5 ± 5,3                | 732  | 3975,41                | 525    | 9485,71                | 335    | 20537,31               | 325    | 21476,92               |
| 2   | 10%                  | 142,5 ± 4,2                | 772  | 3251,30                | 605    | 6909,09                | 378    | 17063,49               | 376    | 17207,45               |
| 3   | 15%                  | 176,5 ± 7,1                | 802  | 2755,61                | 613    | 6688,42                | 435    | 13517,24               | 405    | 15259,26               |
| 4   | 20%                  | 209,8 ± 2,8                | 817  | 2521,42                | 670    | 5268,66                | 473    | 11627,91               | 440    | 13250,00               |
| 5   | 25%                  | 252,5 ± 3,4                | 830  | 2325,30                | 694    | 4740,63                | 496    | 10625,00               | 450    | 12733,33               |
| 6   | 30%                  | 279,5 ± 3,4                | 840  | 2178,57                | 708    | 4449,15                | 517    | 9787,23                | 482    | 11224,07               |
| 7   | 35%                  | 317,5 ± 12                 | 847  | 2077,92                | 733    | 3956,34                | 536    | 9085,82                | 497    | 10583,50               |
| 8   | 40%                  | 339,8 ± 2,8                | 856  | 1950,93                | 737    | 3880,60                | 558    | 8333,33                | 512    | 9980,47                |
| 9   | 45%                  | 376,7 ± 15                 | 861  | 1881,53                | 757    | 3513,87                | 567    | 8042,33                | 528    | 9375,00                |
| 10  | 50%                  | 402,2 ± 2,2                | 869  | 1772,15                | 760    | 3460,53                | 578    | 7698,96                | 539    | 8979,59                |
| 11  | 55%                  | 442,2 ± 13                 | 872  | 1731,65                | 773    | 3234,15                | 601    | 7021,63                | 551    | 8566,24                |
| 12  | 60%                  | 467,2 ± 1,0                | 880  | 1625,00                | 778    | 3149,10                | 614    | 6661,24                | 566    | 8074,20                |
| 13  | 65%                  | 501,7 ± 5,6                | 881  | 1611,80                | 784    | 3048,47                | 625    | 6368,00                | 576    | 7760,42                |
| 14  | 70%                  | 532,2 ± 1,5                | 887  | 1533,26                | 792    | 2916,67                | 638    | 6034,48                | 590    | 7338,98                |
| 15  | 75%                  | 582 ± 34,8                 | 888  | 1520,27                | 797    | 2835,63                | 647    | 5811,44                | 584    | 7517,12                |
| 16  | 80%                  | 557 ± 9,7                  | 889  | 1507,31                | 795    | 2867,92                | 648    | 5787,04                | 587    | 7427,60                |
| 17  | 85%                  | 573,7 ± 19                 | 891  | 1481,48                | 802    | 2755,61                | 649    | 5762,71                | 590    | 7338,98                |
| 18  | 90%                  | 566,5 ± 6,6                | 890  | 1494,38                | 800    | 2787,50                | 650    | 5738,46                | 591    | 7309,64                |
| 19  | 95%                  | 582 ± 15,5                 | 891  | 1481,48                | 803    | 2739,73                | 650    | 5738,46                | 593    | 7251,26                |
| 20  | 100%                 | 580 ± 6,5                  | 892  | 1468,61                | 801    | 2771,54                | 651    | 5714,29                | 593    | 7251,26                |

Berdasarkan data pengukuran, dengan meningkatnya tingkat pencahayaan lampu, meningkat pula intensitas cahaya. Namun, pada tingkat pencahayaan 75% ke atas nilai intensitas berubah tidak banyak, bahkan ketidakpastian data pengukuran cukup tinggi di atas 6,5 lux dengan ketidakpastian tertinggi sebesar 34,8 lux. Fluktuasi nilai intensitas cahaya yang diperoleh dapat disebabkan oleh pengaturan persentase intensitas cahaya tidak begitu stabil pada *smartbulb*. *Pulse Width Modulation* (PWM) pada lampu *smartbulb* dapat menyebabkan fluktuasi akibat perubahan yang ditimbulkan oleh kedipan cahaya yang cepat dan tidak terlihat (11). Perubahan cahaya pada lampu pada penelitian ini terlihat ketidakpastian yang diperoleh saat dilakukan pengulangan. Interharmonik dan distorsi frekuensi tinggi dapat juga dapat mempengaruhi driver LED dan mengubah konversi duty-cycle sehingga rata-rata cahaya berubah atau terjadi modulasi yang tidak terduga (12). Interharmonik dan distorsi frekuensi tinggi ini bertindak sebagai *noise* yang mengganggu rangkaian elektronik sensitif di dalam driver LED yang bertanggungjawab untuk pengaturan intensitas cahaya.

Sensor LDR merupakan komponen semikonduktor yang resistansi berubah akibat dari fotokonduktivitas. Penurunan resistansi terhadap peningkatan intensitas cahaya sesuai dengan teori tersebut. Pada hasil menunjukkan bahwa ada pengaruh nilai resistansi terhadap tipe LDR. Hal ini terlihat pada resistansi pada kondisi redup yaitu tingkat pencahayaan 5%, dimana resistansi LDR pada keempat LDR berkisar 3,9 k $\Omega$  (GL5506) hingga 21 k $\Omega$  (GL5537). Hal tersebut menandakan adanya perbedaan sensitivitas antar sensor pada kondisi redup. Karakteristik dari keempat LDR akan mempengaruhi hasil dari pengujian intensitas cahaya. Bahkan di penelitian lain, menggunakan LDR dengan karakteristik yang berbeda dapat memberikan hasil yang berbeda hampir 23,2% dan menyebabkan ketidakakuratan sensor (13). Berdasarkan datasheet GL55 series LDR menunjukkan bahwa semakin tinggi kode GL55xx, menunjukkan rentang nilai *light resistance* (resistansi pada 10 lux) semakin tinggi (6). Nilai ADC untuk keempat tipe LDR menunjukkan pola linear terbalik terhadap resistansi. Saat resistansi menurun, tegangan luaran meningkat dan ADC juga ikut

meningkat. Hubungan ini bersifat nonlinier, sehingga fungsi matematis eksponensial dan power menjadi model yang tepat untuk kalibrasi sensor.

Penerapan model regresi pada data ADC ataupun resistensi LDR terhadap nilai intensitas cahaya telah dilakukan. Untuk model regresi eksponensial, menggunakan perbandingan nilai ADC dengan nilai intensitas cahaya. Berbeda dengan model regresi power yang menggunakan nilai resistensi LDR sebagai pembanding. Berikut gambar penerapan regresi eksponensial dan power pada data pengujian dari 4 tipe LDR.



Gambar 1 Sebaran data ADC dan Resistensi terhadap lux serta model regresi eksponensial (a) GL5506, (c)

GL5528, (e) GL5537, (g) GL5539 dan regresi power (b) GL5506, (d) GL5528, (f) GL5537, (h) GL5539 Berdasarkan grafik sebaran data ADC terhadap nilai lux {gambar 1(a); 1(c); 1(e) dan 1(g)} yang ditunjukkan pada model regresi eksponensial, nilai  $R^2$  atau koefisien determinasi keempat tipe LDR

pada rentang 0,9775 sampai 0,9992 yang menandakan model regresi cocok dengan sebaran data. Nilai  $R^2$  yang paling rendah yaitu 0,9775 diperoleh pada LDR GL5539, sedangkan yang paling tinggi yaitu 0,9992 pada LDR GL5537. Sedangkan untuk grafik sebaran data resistansi LDR terhadap nilai lux {gambar 1(b); 1(d); 1(f) dan 1(h)} yang ditunjukkan pada model regresi power, nilai  $R^2$  keempat tipe LDR berada pada rentang 0,9772 sampai 0,9992. Regresi tersebut juga cocok digunakan untuk sebaran data LDR. Nilai  $R^2$  yang paling rendah yaitu 0,9772 dimiliki oleh LDR GL5539, sedangkan yang lain tinggi yaitu 0,9992 pada LDR GL5537. Kedua regresi menunjukkan model yang baik untuk proses kalibrasi sensor LDR. Namun seri GL5537 memiliki stabilitas, sensitivitas dan rentang dinamis yang lebih baik dari 3 seri lainnya. Sensitivitas LDR dapat ditingkatkan melalui inovasi desain, seperti *dark current compensation* yang dapat memungkinkan pembacaan data tetap akurat terutama pada kondisi pencahayaan rendah (14).

Perbandingan keempat tipe LDR perlu di bahas lebih lanjut setelah sistem pengujian dikalibrasi. Setelah proses kalibrasi dengan kedua model regresi dilakukan, maka kajian lebih komprehensif dilakukan melalui analisis statistika  $R^2$ , RMSE, MAE dan Galat. Analisis tersebut dilakukan pada data pengujian yang kedua yang dilakukan setelah sensor dikalibrasi menggunakan model eksponensial dan power. Tabel 2 menunjukkan nilai hasil pengujian setelah dikalibrasi menggunakan model regresi eksponensial dan regresi power untuk keempat tipe LDR. Hasil pengujian yang diperoleh digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran intensitas cahaya dari 4 tipe LDR.

Tabel 2. Nilai hasil pengujian setelah dikalibrasi menggunakan model regresi eksponensial dan regresi power.

| No. | Tingkat cahaya lampu | Intensitas rata-rata (lux) | Nilai intensitas cahaya pada sensor LDR (lux) |     |        |     |        |     |        |     |
|-----|----------------------|----------------------------|---|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
|     |                      |                            | GL5506  |     | GL5528 |     | GL5537 |     | GL5539 |     |
|     |                      |                            | exp   | pow | exp    | pow | exp    | pow | exp    | pow |
| 1   | 10%                  | 145,8 ± 3,0                | 138   | 138 | 124    | 128 | 130    | 129 | 129    | 122 |
| 2   | 20%                  | 213,3 ± 7,1                | 232   | 216 | 211    | 208 | 198    | 198 | 192    | 191 |
| 3   | 30%                  | 282,8 ± 6,6                | 299   | 276 | 281    | 274 | 267    | 266 | 257    | 256 |
| 4   | 40%                  | 342,5 ± 7,8                | 355   | 331 | 341    | 334 | 323    | 320 | 315    | 312 |
| 5   | 50%                  | 405 ± 4,2                  | 420   | 400 | 393    | 390 | 394    | 388 | 383    | 376 |
| 6   | 60%                  | 468,5 ± 3,2                | 481   | 471 | 450    | 455 | 451    | 445 | 446    | 438 |
| 7   | 70%                  | 533 ± 2,2                  | 525   | 527 | 498    | 513 | 518    | 510 | 515    | 504 |
| 8   | 80%                  | 560,5 ± 9,3                | 546   | 554 | 521    | 543 | 534    | 526 | 542    | 530 |
| 9   | 90%                  | 569,5 ± 7,7                | 553   | 546 | 523    | 547 | 538    | 532 | 544    | 532 |
| 10  | 100%                 | 579 ± 7,1                  | 554   | 565 | 530    | 554 | 545    | 540 | 560    | 548 |

Exp: regresi eksponensial; pow: regresi power

Berdasarkan tabel 2, menunjukkan terjadi perbedaan hasil pengukuran pada sensor LDR dengan hasil alat ukur luxmeter standar. Hasil pengukuran menunjukkan kecenderungan hasil ukur sensor LDR lebih rendah dari alat ukur standar. Meskipun nilai  $R^2$  dari tiap model regresi yang diperoleh sebelumnya memiliki nilai diatas 0,9772, namun hasil pengukuran setelah dikalibrasi nilainya belum akurat. Hal ini juga dapat diakibatkan pada sensitivitas sensor LDR yang mudah berubah terhadap ketidakstabilan pencahayaan.

Tabel 3 Hasil kajian statistika  $R^2$ , RMSE, MAE dan galat rata-rata pada tiap tipe dan model regresi

| Tipe LDR | Model Regresi | $R^2$  | RMSE (Lux) | MAE (Lux) | Galat rata-rata (%) |
|----------|---------------|--------|------------|-----------|---------------------|
| GL5506   | Eksponensial  | 0,9855 | 15,59      | 14,2      | 3,57                |
|          | Power         | 0,9962 | 13,13      | 11,1      | 2,89                |
| GL5528   | Eksponensial  | 0,9969 | 34,02      | 28        | 6,41                |
|          | Power         | 0,9883 | 22,08      | 20,6      | 5,19                |
| GL5537   | Eksponensial  | 0,9992 | 18,37      | 17,5      | 4,95                |
|          | Power         | 0,9992 | 22,96      | 21,9      | 5,91                |
| GL5539   | Eksponensial  | 0,9775 | 16,39      | 16,2      | 5,00                |
|          | Power         | 0,9772 | 23,91      | 23,6      | 6,85                |

Meskipun nilai lux dari keempat tipe LDR tidak akurat 100%, namun hasil pengukuran intensitas cahaya berada pada rentang yang dapat diterima. Hal tersebut menunjukkan perilaku sensor yang konsisten. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) berada pada rentang 0,9772 -0,9992, yang menandakan

bahwa kedua model regresi mampu merepresentasikan hubungan nonlinear antara nilai keluaran sensor dan nilai intensitas cahaya aktual secara baik. Model regresi power biasanya digunakan untuk memodelkan hubungan antar variabel yang salah satunya adalah fungsi pangkat dari variabel lain, sedangkan regresi eksponensial lebih sesuai untuk memodelkan proses pertumbuhan (15,16). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan, yaitu menggunakan model regresi power dengan menghubungkan antara resistansi dan iluminasi (lux), sedangkan model regresi eksponensial yang dihubungkan terhadap perubahan ADC yang sifatnya non-linear. Perbedaan nilai  $R^2$  pada tiap tipe menunjukkan bahwa karakteristik material fotokonduktif pada masing-masing sensor akan mempengaruhi intensitas cahaya yang dibaca.

Berdasarkan Tabel 3, Tipe GL5506 menunjukkan kinerja paling baik dari semua tipe LDR. Dengan nilai  $R^2 = 0,9962$ ; RMSE= 13,13 lux; MAE= 11,1 lux; dan galat rata-rata sebesar 2,89%. Hasil prediksi nilai intensitas cahaya pada sensor mendekati nilai pada pengukuran luxmeter standar. Tipe GL5528 menunjukkan model regresi power lebih baik dari pada model eksponensial. Sedangkan untuk tipe GL5537 dan GL5539 menunjukkan model regresi eksponensial lebih baik. Namun, secara keseluruhan galat yang diperoleh pada penelitian ini yaitu di bawah 7% dengan galat terendah pada 2,89 %. Berdasarkan hasil eksperimen menunjukkan model power akan lebih baik pada sensor dengan respon cepat dan linear terhadap perubahan cahaya tinggi seperti LDR GL5506 dan GL5528. Sedangkan untuk model eksponensial lebih sesuai dengan sensor yang memiliki respon perlahan dan nonlinear terhadap perubahan cahaya tinggi seperti LDR GL5537 dan GL5539.

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, diperoleh kesimpulan bahwa seluruh tipe sensor LDR yang diuji menunjukkan hubungan yang kuat antara keluaran sensor dan intensitas cahaya aktual. Model regresi eksponensial dan power sama-sama efektif untuk proses kalibrasi, namun hasil terbaik bergantung pada karakteristik tiap sensor. Sensor tipe GL5506 memiliki performa paling akurat dan stabil dengan nilai  $R^2$  tertinggi (0,9962) serta galat terendah (2,89%) pada model power. Sensor GL5528 juga menunjukkan kecocokan terbaik dengan model power, sedangkan GL5537 dan GL5539 lebih sesuai dengan model eksponensial. Nilai  $R^2$  yang tinggi ( $\geq 0,9772$ ) dan galat rata-rata di bawah 7% menandakan bahwa sistem kalibrasi yang digunakan telah berhasil meningkatkan akurasi sensor. Hasil ini membuktikan bahwa sensor LDR dapat berfungsi sebagai alternatif luxmeter yang ekonomis dan cukup andal untuk keperluan pengukuran intensitas cahaya pada aplikasi pendidikan dan penelitian dasar.

##### 4.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian sensor LDR pada berbagai spektrum cahaya alami dan buatan untuk memperluas rentang kalibrasi. Penggunaan sumber cahaya dengan kontrol stabilitas lebih tinggi, seperti *constant current driver*, dapat mengurangi fluktuasi pengukuran. Selain itu, implementasi pemodelan regresi berbasis *machine learning* atau metode *curve fitting polinomial* orde tinggi dapat dieksplorasi untuk meningkatkan akurasi kalibrasi. Pengujian suhu lingkungan dan karakteristik waktu respon sensor juga perlu dikaji untuk memastikan konsistensi performa dalam berbagai kondisi operasional.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kepada FMIPA Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian dengan skema pembinaan dengan No. Kontrak 4536/UN30.12/HK/2025.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Hashemifar Z, Sanjarian F, Naghdi Badi H, Mehrafarin A. Varying levels of natural light intensity affect the phyto-biochemical compounds, antioxidant indices and genes involved in the monoterpene biosynthetic pathway of *Origanum majorana* L. BMC Plant Biol. 1 Desember 2024;24(1).

2. Heindri N, Dewi OC, Ismoyo AD. Lighting system evaluations of working space in educational building, Universitas Indonesia. Dalam: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd; 2022.
3. Heriansyah, Rahman R, Triawan DA, Ernis G. Analisis Kualitas Pencahayaan di Workshop D3 Laboratorium Sains FMIPA Universitas Bengkulu. Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences. 23 Juli 2023;15(2):76–82.
4. Setya W, Ramadhana A, Ramadhana A, Restu Putri H, Santoso A, Malik A, dkk. Design and development of measurement of measuring light resistance using Light Dependent Resistance (LDR) sensors. Dalam: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing Ltd; 2019.
5. Shiddiqy MIA, Sunardi S. Performance Analysis of LDR, Photodiode, and BH1750 Sensors for Sunlight Intensity Measurement in Open Areas. Signal and Image Processing Letters. 28 Juni 2024;6(1):11–26.
6. KHT Royal Institute of Technology. GL55 Series CdS Photoresistor Manual [Internet]. [dikutip 7 Juni 2025]. Tersedia pada: <https://www.kth.se/social/files/54ef17dbf27654753f437c56/GL5537.pdf>
7. Manik S, Muslimin AM, Subgan AA. PERANCANGAN ALAT UKUR INTENSITAS CAHAYA BERBASIS ARDUINO LEONARDO MENGGUNAKAN SENSOR LDR (Light Dependent Resistor). Jurnal Natural. 1 April 2020;16(1):1–13.
8. Khotimah O, Darmawan D, Rosdiana E. 22.04.909\_jurnal\_eproc (1). eProceedings of Engineering [Internet]. Juni 2022 [dikutip 13 Oktober 2025];9(3):866–74. Tersedia pada: [https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/178845/jurnal\\_eproc/perangkat-dan-metoda-kalibrasi-sensor-universal.pdf](https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/178845/jurnal_eproc/perangkat-dan-metoda-kalibrasi-sensor-universal.pdf)
9. Kusuma A, Saputra H, Muharzi, Sandi T. Analisis Perbandingan Performa Sensor Light Dependent Resistor (LDR) pada Ukuran 5mm dan 10mm dalam Pengukuran Intensitas Cahaya. Dalam: Seminar Nasional Teknik Elektro [Internet]. Magelang: Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI); 2023 [dikutip 14 Agustus 2025]. hlm. 175–80. Tersedia pada: <https://snte.fortei.org/list/index.php/snte/article/view/38/39>
10. Sricharoen N, Supasri T, Traisathit P, Prasitwattanaseree S, Srikummoon P, Longmali J. Improving Monitored PM2.5 Data from Low-Cost Sensors in Chiang Mai, Thailand: Utilizing a Nonlinear Regression Modeling Approach. Curr Appl Sci Technol. 27 Maret 2025;25(5):1–23.
11. Aquil Shah, Ashwith R, Derick Robinson, Gagan Raj, Dr. Roshan Shetty. Controlling the Intensity of a Bulb Based on Surrounding Light Using Arduino and LDR. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 3 Januari 2025;5(1):184–7.
12. Gutierrez-Ballesteros E, Rönnerberg S, Gil-de-Castro A. Power quality impact on light intensity and flicker sensitivity of LED lamps. IET Conference Proceedings. 4 Juli 2023;2023(6):241–5.
13. Boukdir Y, Omari H El. Characterization of cadmium sulfide light dependent resistors sensors for optical solar trackers. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 1 Februari 2023;13(1):184–94.
14. Shi N, Yang J, Cao Z, Jin X. A Programmable Ambient Light Sensor with Dark Current Compensation and Wide Dynamic Range. Sensors. 24 Mei 2024;24(11):3396.
15. Xiao X, White EP, Hooten MB, Durham SL. On the use of log-transformation vs. nonlinear regression for analyzing biological power laws. Ecology. Oktober 2011;92(10):1887–94.
16. CHEN Y. POWER-LAW DISTRIBUTIONS BASED ON EXPONENTIAL DISTRIBUTIONS: LATENT SCALING, SPURIOUS ZIPF'S LAW, AND FRACTAL RABBITS. Fractals. 28 Juni 2015;23(02):1550009.