

# Prototipe Smart Lighting System Berbasis Sensor Lux dan Algoritma Genetika untuk Efisiensi Energi

*Smart Lighting System Prototype Based on Lux Sensor and Genetic Algorithm for Energy Efficiency*

Ade Zulkarnain Hasibuan<sup>\*1</sup>, Munjiat Setiani Asih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Informatika, Universitas Samudra, <sup>2</sup>Teknik Informatika, Universitas Harapan Medan

E-mail: <sup>1</sup>adezulhsb@unsam.ac.id, <sup>2</sup>munjiat.stth@gmail.com

## Abstrak

Sistem pencahayaan cerdas (smart lighting) merupakan teknologi yang dapat mengatur nyala dan mati lampu secara otomatis sesuai kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem smart lighting berbasis sensor lux BH1750 dan algoritma genetika guna meningkatkan efisiensi energi. Data intensitas cahaya dikumpulkan dari sensor lux yang dihubungkan ke Arduino dan dikirim ke komputer melalui komunikasi serial untuk dianalisis menggunakan bahasa pemrograman Python. Algoritma genetika digunakan untuk mengoptimalkan jadwal nyala lampu dengan mempertimbangkan kebutuhan pencahayaan berdasarkan intensitas lux. Proses optimasi dilakukan melalui pembentukan populasi awal, evaluasi fitness berdasarkan kondisi terang dan gelap, seleksi menggunakan tournament selection, serta crossover dan mutasi untuk membentuk generasi baru. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berhasil mengurangi waktu nyala lampu dari 12 jam menjadi 7 jam per hari, menghasilkan penghematan energi sebesar 41,67%. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan kombinasi sensor lux dan algoritma genetika efektif dalam menciptakan sistem pencahayaan hemat energi yang adaptif terhadap kondisi pencahayaan harian.

Kata kunci: Smart Lighting, Sensor Lux, Algoritma Genetika, Arduino, Efisiensi Energi, Optimasi Jadwal

## Abstract

*Smart lighting systems are technologies that can automatically control the switching on and off of lights based on environmental conditions. This research aims to develop a smart lighting system based on the BH1750 lux sensor and a genetic algorithm to improve energy efficiency. Light intensity data is collected from the lux sensor connected to an Arduino and transmitted to a computer via serial communication for analysis using the Python programming language. The genetic algorithm is employed to optimize the lighting schedule by considering lighting needs based on lux intensity. The optimization process involves the creation of an initial population, fitness evaluation based on light and dark conditions, selection using tournament selection, and the application of crossover and mutation to form new generations. The implementation results show that the system successfully reduced the lighting time from 12 hours to 7 hours per day, resulting in energy savings of 41.67%. This study demonstrates that the combination of lux sensors and genetic algorithms is effective in creating an energy-efficient lighting system that adapts to daily lighting conditions.*

Keywords: Smart Lighting, Lux Sensor, Genetic Algorithm, Arduino, Energy Efficiency, Schedule Optimization



## 1. PENDAHULUAN

*Smart lighting system* merupakan inovasi teknologi yang telah berkembang saat ini, dimana lampu dapat hidup dan mati secara otomatis sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Penggunaan *smart lighting system* banyak diterapkan di Indonesia, terutama pada lampu penerangan jalan. Teknologi yang digunakan bisa berupa penggunaan sensor cahaya seperti sensor LDR, maupun penggunaan waktu menggunakan modul *real time clock (RTC)*. *Real time clock (RTC)* merupakan salah satu komponen elektronika aktif yang dapat menyimpan data tanggal dan waktu di dalamnya, bentuk komunikasi RTC adalah I2C yang hanya menggunakan dua jalur komunikasi yaitu SDA dan SCL[1]. Penelitian berkaitan dengan *smart lighting* ini sudah pernah dilakukan oleh Mayla dan Kurniawan pada tahun 2025, mereka membuat penerangan otomatis menggunakan sensor LDR dan sensor PIR [2]. Penelitian yang dibuat untuk membantu lansia sehingga mereka tidak harus menghidupkan lampu secara manual. Sistem *smart lighting* yang dibangun belum ditanamkan kecerdasan yang mampu untuk memberikan keputusan lebih baik dalam hal menghidupkan lampu ataupun pengaturan penerangan di ruangan. Hanya saja penggunaan teknologi tersebut masih memiliki kekurangan, misalnya penggunaan sensor cahaya LDR sering kali membuat lampu jalanan berkedip-kedip karena sensor kurang tepat dalam membaca kondisi yang ada hal ini disebabkan karena perubahan cahaya yang terkadang tiba-tiba berubah drastis secara sementara, seperti bayangan dari kendaraan atau awan yang lewat, yang dapat menyebabkan pembacaan sensor menjadi tidak stabil. Sensor LDR sendiri bekerja berdasarkan resistansi yang berubah terhadap intensitas cahaya yang diterima[3].

Di sisi lain, penggunaan RTC sebagai acuan waktu pencahayaan juga dinilai kurang fleksibel karena waktu tidak dapat dijadikan patokan baku dalam menentukan kondisi terang atau gelap secara akurat. Terdapat situasi di mana matahari bersinar lebih lama atau lebih cepat dari biasanya, tergantung pada musim dan kondisi cuaca. Oleh karena itu, muncul gagasan untuk menggabungkan penggunaan LDR dan RTC sebagai sistem pengambilan keputusan pencahayaan. Namun, kombinasi ini pun belum tentu optimal dalam hal efisiensi energi, terutama jika pengaturannya bersifat statis dan tidak mampu menyesuaikan diri secara cerdas terhadap perubahan kondisi.

Sebagai solusi dari berbagai permasalahan tersebut, maka dikembangkanlah sistem pencahayaan cerdas yang tidak hanya mengandalkan sensor secara langsung atau waktu, tetapi juga menggunakan pendekatan optimasi berbasis algoritma. Dalam penelitian ini, sistem *smart lighting* dirancang untuk bekerja dengan bantuan sensor lux BH1750, yang merupakan sensor pencahayaan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan LDR dimana sensor ini dapat membaca minimal 1 lux dan maksimal 65535 lux[4]. Lux merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan[5]. Serta penggunaan algoritma genetika (*Genetic Algorithm*) sebagai metode optimasi. Algoritma genetika adalah algoritma yang memanfaatkan proses seleksi alam yang dikenal dengan sebutan evolusi[6][7].

Proses pengambilan data lux dilakukan secara lokal, di mana sensor lux terhubung dengan perangkat Arduino, arduino merupakan papan pengendali mikro yang bersifat *open source*, dirancang untuk memudahkan pengguna elektronik dalam pembuatan berbagai proyek elektronik[8][9]. Kemudian data yang diperoleh dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial port. Data tersebut selanjutnya diolah menggunakan bahasa pemrograman Python untuk dianalisis dan digunakan dalam proses optimasi.

Optimasi dilakukan menggunakan algoritma genetika yang bekerja dengan prinsip seleksi alam, crossover, dan mutasi[10][11]. Tujuannya adalah untuk menemukan jadwal nyala lampu yang paling efisien berdasarkan data lux yang telah dikumpulkan. Algoritma genetika sangat cocok digunakan dalam konteks ini karena mampu mengevaluasi berbagai kemungkinan jadwal



pencahayaan dan memilih kombinasi terbaik yang menghasilkan konsumsi energi minimum tanpa mengurangi fungsi penerangan yang dibutuhkan.

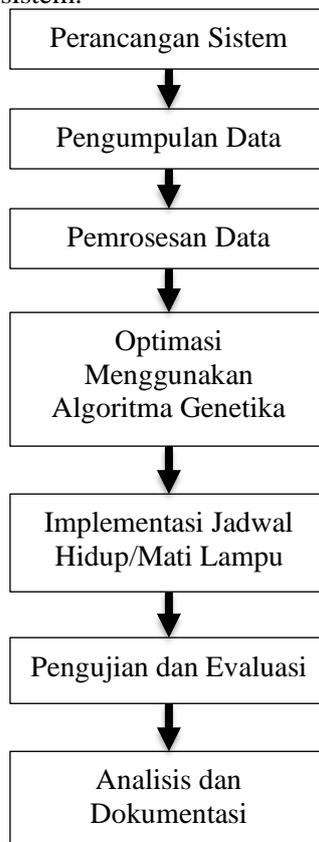
Setelah proses optimasi selesai dan jadwal terbaik ditemukan, informasi tersebut kemudian dikirim kembali ke Arduino, dimana arduino bertugas mengeksekusi jadwal tersebut dengan menghidupkan dan mematikan lampu sesuai waktu dan kondisi pencahayaan yang telah dihitung sebelumnya. Dengan pendekatan ini, sistem pencahayaan dapat bekerja secara otomatis dan efisien tanpa campur tangan manusia.

Keunggulan dari sistem ini adalah prosesnya stabil dan dapat diterapkan secara langsung pada sistem pencahayaan di lingkungan seperti gedung, kampus, atau jalan perumahan. Selain itu, penggunaan algoritma genetika sebagai metode pengambilan keputusan menjadikan sistem ini lebih adaptif dan fleksibel terhadap variasi kondisi pencahayaan yang terjadi setiap hari.

Penelitian ini menjadi penting dalam upaya pengembangan teknologi efisiensi energi yang hemat biaya dan mudah diimplementasikan. Di tengah tantangan global terhadap kelangkaan energi dan meningkatnya kebutuhan akan solusi ramah lingkungan, sistem pencahayaan seperti ini dapat menjadi salah satu alternatif praktis dan berkelanjutan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk mengembangkan sistem pencahayaan cerdas berbasis sensor lux dan algoritma genetika guna meningkatkan efisiensi energi. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu perancangan sistem, pengumpulan data, pemrosesan data, optimasi jadwal pencahayaan, serta implementasi dan pengujian sistem.



Gambar 1. Metode Penelitian



Gambar 1 menunjukkan metode dari penelitian, adapun penjelasan dari metode tersebut sebagai berikut.

1. Perancangan Sistem

Pada tahap awal, dilakukan perancangan arsitektur sistem yang terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

2. Pengumpulan Data

Data intensitas cahaya dikumpulkan menggunakan sensor lux yang dihubungkan ke Arduino. Arduino akan membaca data lux secara berkala 5 menit dan mengirimkannya ke komputer melalui komunikasi serial. Adapun langkah-langkah pengumpulan data sebagai berikut:

- a. Arduino membaca nilai lux dari sensor
- b. Data dikirim melalui USB serial ke Python
- c. Python menyimpan data dalam format CSV
- d. Proses ini dilakukan selama beberapa hari untuk mendapatkan data intensitas cahaya dalam satu siklus harian penuh

3. Pemrosesan Data

Data lux yang terkumpul kemudian diolah menggunakan Python untuk dianalisis dan dijadikan dasar dalam menentukan jadwal optimal pencahayaan menggunakan algoritma genetika. Adapun langkah-langkah pemrosesan data sebagai berikut:

- a. Normalisasi data lux
- b. Menentukan threshold intensitas lux untuk kondisi "butuh cahaya tambahan"
- c. Membagi data harian menjadi slot waktu setiap 30 menit
- d. Menentukan status "lampu ON" atau "OFF" berdasarkan kondisi terang/gelap

4. Optimasi Menggunakan Algoritma Genetika

Algoritma genetika digunakan untuk menentukan jadwal optimal nyala lampu yang meminimalkan penggunaan energi dengan tetap mempertahankan tingkat pencahayaan yang cukup. Adapun langkah-langkah optimasi dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Representasi kromosom: setiap kromosom mewakili jadwal lampu ON/OFF dalam 24 jam terdiri dari 48 slot
- b. Fungsi fitness: mengukur efisiensi energi berdasarkan jumlah waktu lampu ON dikalikan dengan kebutuhan aktual dari data lux
- c. Proses evolusi:
  - Inisialisasi populasi secara acak
  - Seleksi kromosom terbaik berdasarkan fitness
  - Crossover dan mutasi untuk menghasilkan generasi baru
  - Iterasi hingga didapatkan kromosom terbaik sebagai jadwal final

5. Implementasi Jadwal Hidup/Mati Lampu

Setelah jadwal optimal ditemukan, Python akan mengirimkan data jadwal tersebut kembali ke Arduino melalui komunikasi serial. Adapun langkah-langkah untuk mengimplementasikan jadwal hidup/mati lampu sebagai berikut:

- a. Python mengkonversi jadwal ke dalam format array
- b. Jadwal dikirim ke Arduino

- c. Arduino menyimpan dan menjalankan jadwal dengan mengatur nyala lampu melalui pin output dan relay
- 6. Pengujian dan Evaluasi
 

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan jadwal yang telah dioptimasi. Beberapa hal yang diuji:

  - a. Apakah Arduino menjalankan jadwal dengan benar (lampu ON/OFF sesuai waktu)
  - b. Perbandingan konsumsi energi antara sistem otomatis dan sistem manual
  - c. Evaluasi efisiensi energi setelah penerapan algoritma genetika
- 7. Analisis dan Dokumentasi
  - a. Hasil pengujian dianalisis dan dibandingkan dengan sistem konvensional
  - b. Efisiensi energi dihitung dalam satuan watt-hour
  - c. Dokumentasi dilakukan dalam bentuk laporan penelitian dan grafik perbandingan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap implementasi Algoritma Genetika, terlebih dahulu membangkitkan kromosom. Kromosom tersebut di bentuk dari populasi awal secara acak, kromosom direpresentasikan sebagai array biner sepanjang 48 gen, mewakili 48 slot waktu per hari (karena 24 jam dibagi ke dalam 30 menit per slot). Setiap gen bernilai 1 menyatakan lampu hidup dan 0 menyatakan lampu mati. Berikut contoh kromosom yang digunakan:

[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

Misalnya slot ke-18 hingga ke-21 (pukul 9.00–10.30 malam) dan slot ke-29–35 (pukul 2.00–5.30 pagi) menyala. Langkah selanjutnya yaitu bangkitkan 50 individu (kromosom) secara acak untuk pembentukan populasi awal dengan batas maksimum slot nyala lampu (misalnya maksimal 20 slot hidup). Selanjutnya lakukan evaluasi fitness, evaluasi fitness digunakan untuk menilai seberapa cocok jadwal lampu (kromosom) dengan kondisi lux (terang/gelap), agar sistem hemat energi dan tetap aman (lampu nyala saat gelap). Untuk melakukan evaluasi fitness dapat mengikuti acuan pada tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi Fitness

Kondisi Lux	Status Lampu	Nilai
Lux < 100 (Gelap)	1	+2
Lux ≥ 100 (Terang)	0	+1
Lux ≥ 100 (Terang)	1	0
Lux < 100 (Gelap)	0	-3

Proses evaluasi fitness di tunjukkan pada tabel 2, pada tabel menunjukkan 10 slot yang di proses. Terdapat 48 slot yang harus diproses dengan cara yang sama dengan 10 slot tersebut.

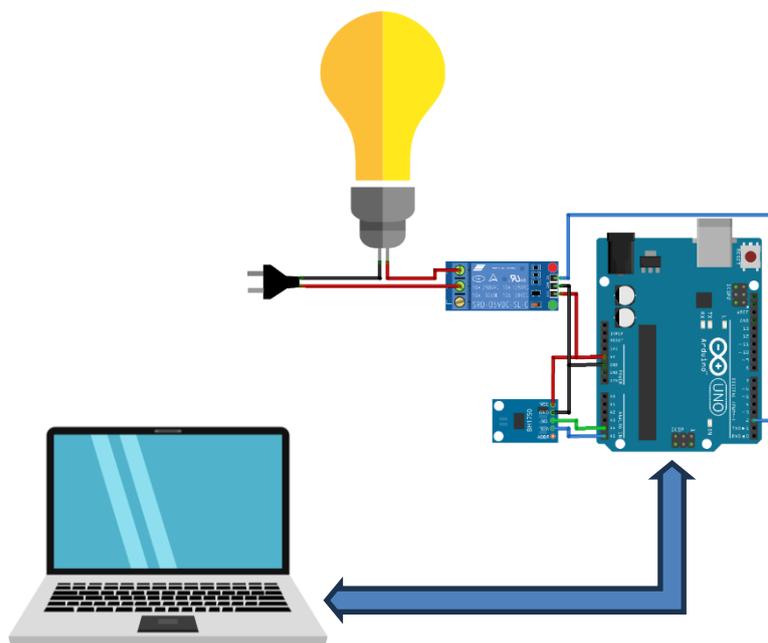
Tabel 2. Contoh Evaluasi Fitness Pada Kasus

Slot	Lux (lx)	Lampu (Jadwal)	Kondisi	Penilaian	Skor
1	50	1	Gelap, nyala	Ideal	+2
2	300	0	Terang, mati	Hemat	+1
3	120	1	Terang, nyala	Tidak perlu nyala	+0









Gambar 1. Skema Rangkaian Lampu Otomatis

Pengujian dilakukan di lokasi outdoor, dengan penerangan satu buah lampu LED 10 watt. Durasi pengamatan dilakukan selama 24 jam dengan interval pencatatan 30 menit. Jadwal yang terbentuk menggunakan algoritma genetika hanya memberikan waktu 7 jam untuk menghidupkan lampu. Setelah dilakukan pengukuran diperoleh hasil perhitungan untuk konsumsi energi sebagai berikut:  
Energi = 10W x 7 jam = 70 Wh

Sedangkan jika tidak menggunakan algoritma genetika, waktu untuk menghidupkan lampu selama 12 jam. Adapun konsumsi energi yang dibutuhkan yaitu:

Energi = 10W x 12 jam = 120 Wh

Dari pengukuran yang dilakukan dapat dilihat bahwa telah terjadi penghematan sebesar 41.67%.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pencahayaan cerdas berbasis sensor lux BH1750 dan algoritma genetika yang mampu mengatur nyala dan mati lampu secara otomatis untuk efisiensi energi. Proses pengumpulan data dilakukan melalui sensor lux yang terhubung ke Arduino dan dikirim ke komputer melalui komunikasi serial. Data tersebut kemudian dianalisis dan dioptimasi menggunakan algoritma genetika dengan pendekatan seleksi, crossover, dan mutasi untuk menemukan jadwal nyala lampu paling efisien.
2. Evaluasi terhadap jadwal yang dihasilkan menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu mengurangi waktu nyala lampu dari 12 jam (sistem manual) menjadi 7 jam (sistem otomatis) per hari, sehingga menghasilkan penghematan energi sebesar 41,67%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat memberikan efisiensi energi yang signifikan tanpa mengurangi fungsi pencahayaan yang dibutuhkan, serta memiliki keunggulan dalam stabilitas

dan kemudahan implementasi.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian berikutnya, sebaiknya mengkombinasikan teknologi IoT untuk mengirim nilai lux dari sensor
2. Kombinasi dengan sensor lainnya seperti sensor pendeteksi hujan dan RTC untuk memberikan hasil yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. W. Ermanda and U. Latifa, "KENDALI RELAY OTOMATIS DILENGKAPI TIMER DAN DETEKSI SUHU MENGGUNAKAN RTC DS3231," *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 120–126, 2023, [Online]. Available: <https://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE/article/view/139/98>
- [2] M. A. Sonya and K. D. Irianto, "SISTEM PENCAHAYAAN OTOMATIS PADAS MANT HOME UNTUK LANSIA BERBASIS IOT," *Edusaintek*, vol. 12, no. 1, pp. 187–207, 2025, [Online]. Available: <https://journalstkipgrisitubondo.ac.id/index.php/EDUSAINTEK/article/view/1366/925>
- [3] H. K. AR, "PEMANFAATAN SENSOR LDR PADA ROBOT LIGHT FOLLOWER DENGAN KONSEP HOLONOMIC SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 1, pp. 95–100, 2023, [Online]. Available: <https://www.ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/6061/3595>
- [4] A. Khuriati, "SISTEM PEMANTAU INTENSITAS CAHAYA AMBIEN DENGAN SENSOR BH1750 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO," *Berk. Fis.*, vol. 25, no. 13, pp. 105–110, 2022, [Online]. Available: [https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala\\_fisika/article/download/50740/22683](https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/download/50740/22683)
- [5] R. M. Putra, *Cahaya dan Penerapan Sifat-Sifat Cahaya*. Surabaya: CV. Media Edukasi Creative, 2021.
- [6] Y. Setiawati *et al.*, "Penentuan Rute Optimal Wisata di Kotadan Kabupaten Madiun Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Keilmuan dan Keislaman*, vol. 3, no. 1, pp. 49–56, 2024, [Online]. Available: <https://jsr.ums.ac.id/jkk/article/view/223/182>
- [7] M. Iqbal *et al.*, *Konsep Kecerdasan Buatan*. Padang: Gita Lentera, 2024.
- [8] M. S. Asih and A. Z. Hasibuan, "Pengamanan Kunci Pintu Brankas Menggunakan Kriptografi One Time Pad (OTP) Berbasis Android," *Explorer (Hayward)*, vol. 3, no. 2, pp. 58–68, 2023, [Online]. Available: <https://journal.fkpt.org/index.php/Explorer/article/view/738/425>
- [9] A. Ridwan, R. Wulandari, Sepriano, M. Fahrurrozi, R. Darpno, and L. P. I. Kharisma, *Belajar Dasar Mikrokontroler Arduino*. Jambi: Sonopedia Publishing Indonesia, 2023.
- [10] W. Priatna, J. Warta, and D. Sulistiyo, "Implementasi Algoritma Genetika untuk Aplikasi Penjadwalan Sistem Kerja Shift," *Techno.COM*, vol. 22, no. 1, pp. 235–246, 2023, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Jon-Wart/publication/368749933\\_Implementasi\\_Algoritma\\_Genetika\\_untuk\\_Aplikasi\\_Penjadwalan\\_Sistem\\_Kerja\\_Shift/links/6424e218a1b72772e4363a40/Implementasi-Algoritma-Genetika-untuk-Aplikasi-Penjadwalan-Sistem-Kerja-Shift](https://www.researchgate.net/profile/Jon-Wart/publication/368749933_Implementasi_Algoritma_Genetika_untuk_Aplikasi_Penjadwalan_Sistem_Kerja_Shift/links/6424e218a1b72772e4363a40/Implementasi-Algoritma-Genetika-untuk-Aplikasi-Penjadwalan-Sistem-Kerja-Shift)
- [11] M. S. W. S., *Algoritma Genetika Untuk Sains dan Teknik Berbasis Pemrograman Python*. Bandung: BOLABOT, 2024.

