INFO TEKNIK
Volume 27 No. 1 Juli 2026 (69-80)

SIMULASI SENSOR FOTODIODA PADA SISTEM LAMPU OTOMATIS BERBASIS ARDUINO

Putri Nazwa Meylani, Desmira, Nurma Lestari, Muhammad Rivaldan, Reva Lina Putri Septiani, dan M. Elan Maulana
Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail : putrinazwameylani5@gmail.com, rivaldanmuhammad@gmail.com, muhamadelanmaulana@gmail.com, lestarinurma215@gmail.com, rvlnaptri5@gmail.com, desmira@untirta.ac.id

ABSTRACT

This study discusses the design and simulation of an automatic lighting system based on a photodiode sensor using an Arduino Uno microcontroller as the main controller. The system is designed to detect changes in ambient light intensity and automatically control the lamp without human intervention. The photodiode sensor is used as a light detector that converts light energy into an analog electrical signal, which is then processed by the Arduino to determine bright or dark conditions. The output from the Arduino subsequently controls a relay module that functions as an electronic switch to connect or disconnect the current to the light bulb. The research method employed is an experimental approach, which includes system planning, hardware design, software programming, simulation using Proteus, and system performance testing. The simulation results indicate that the system operates as expected, where the lamp automatically turns on when the light intensity decreases and turns off when the ambient brightness increases. This system is expected to improve electrical energy efficiency and provide ease of operation for lighting control, particularly in public facilitiesand workplace environments.

1. PENDAHULUAN

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputasi mini yang terintegrasi dalam satu keping chip, di mana di dalamnya telah terdapat unit pemroses, memori, serta antarmuka input dan output. Keberadaan mikrokontroler menjadi elemen penting dalam pengembangan sistem elektronik modern karena mampu menggantikan rangkaian konvensional yang sebelumnya membutuhkan banyak komponen terpisah. Dengan ukuran yang ringkas dan biaya yang relatif rendah, mikrokontroler dirancang untuk mengendalikan berbagai perangkat elektronik secara efisien dan terprogram, sehingga sangat sesuai digunakan dalam sistem kendali otomatis.

Salah satu komponen pendukung dalam sistem otomatis adalah sensor cahaya, khususnya fotodioda. Fotodioda merupakan perangkat semikonduktor yang mampu merespons cahaya dengan cara mengubah energi cahaya menjadi sinyal listrik. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan arus listrik yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima pada sambungan PN di dalamnya. Rentang cahaya yang dapat dideteksi oleh fotodioda sangat luas, mulai dari cahaya tampak hingga gelombang tertentu yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia, sehingga sensor ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik dan industri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang terdapat di dalam sebuah chip. Chip ini mencakup inti pemrosesan, memori (sedikit RAM, memori program, atau gabungan keduanya), dan juga perangkat input-output. Mikrokontroler menjadi elemen penting dalam suatu sistem komputer. Meskipun ukurannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan komputer desktop dan mainframe, mikrokontroler dibuat dengan komponen dasar yang serupa. Secara sederhana, komputer bisa menghasilkan keluaran tertentu berdasarkan input yang diterima dan program yang berjalan. Mikrokontroler adalah komputer dalam bentuk chip yang dirancang untuk mengatur perangkat elektronik, dengan penekanan pada efisiensi dan penghematan biaya. Secara harfiah, dapat disebut sebagai "pengendali kecil", di mana sistem elektronik yang sebelumnya membutuhkan banyak komponen seperti IC TTL dan CMOS dapat diperkecil, terintegrasi, dan dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Panduan Untuk Mempersiapkan Artikel (Samsugi dan Silaban, 2018).

Photodioda adalah tipe dioda yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Photodioda adalah sensor cahaya berbasis semikonduktor yang dapat mengubah intensitas cahaya menjadi sinyal listrik. Photodioda adalah dioda dengan sambungan pn yang kerjanya dipengaruhi oleh cahaya. Jenis cahaya yang bisa dideteksi oleh photodioda ini meliputi cahaya inframerah, cahaya tampak, sinar ultraviolet, hingga sinar-X. Penggunaan photodioda ada pada berbagai aplikasi, seperti penghitung kendaraan di jalan secara otomatis, pengukur cahaya pada kamera, serta sejumlah perangkat dalam bidang kesehatan (Giantara, 2014).

Prinsip dasar kerja photodioda adalah ketika sambungan pn menerima bias maju dan cahaya, arus yang mengalir akan sangat sedikit. Sementara itu, jika sambungan pn diberi bias mundur, arus yang mengalir akan meningkat secara signifikan. Cahaya yang mengenai photodioda menyebabkan pergerakan foton yang menciptakan pasangan

elektron-hole di kedua sisi sambungan. Saat elektron yang terbentuk bergerak ke pita konduksi, elektron tersebut akan mengalir menuju sisi positif dari sumber tegangan, sementara hole yang dihasilkan mengalir menuju sisi negatif dari sumber tegangan, sehingga arus akan mengalir dalam rangkaian. Jumlah pasangan elektron dan hole yang terbentuk tergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh photodioda (Mufida, 2018).

Kemajuan di bidang teknologi meningkatkan permintaan akan sistem otomatis, terutama dalam hal efisiensi energi dan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari. Di sektor rekayasa, otomasi adalah penggabungan antara sistem mekanik, elektronik, dan komputasi yang memungkinkan alat beroperasi secara mandiri sesuai dengan kondisi di sekitarnya. Contoh yang sangat umum dari penerapan otomasi adalah sistem pengatur lampu otomatis yang dapat menyalakan dan mematikan lampu berdasarkan tingkat cahaya dalam lingkungan, sehingga dapat mengurangi konsumsi energi dan mengurangi keterlibatan manusia (Syahrial Shaddiq et al. , 2025)

Sensor cahaya merupakan suatu komponen elektronik yang mampu mengubah parameter optik (cahaya) menjadi parameter elektrik. Ada dua kategori sensor cahaya berdasarkan perubahan elektrik yang dihasilkan, yaitu fotovoltaik dan fotokonduktif. Salah satu contoh dari sensor cahaya yang termasuk dalam kategori fotokonduktif adalah sensor fotodioda. Sensor fotodioda dapat merespons variasi cahaya, baik yang terlihat maupun yang tidak terlihat, dan mengubah intensitas cahaya yang terdeteksi menjadi arus (Nasution, 2015).

Dengan memanfaatkan Mikrokontroler, lampu dapat secara otomatis menyala dan mati sesuai dengan intensitas cahaya matahari yang diterima. Ini sangat memudahkan petugas dan staf di Polres Pematangsiantar karena mereka tidak perlu menghidupkan atau mematikan lampu secara manual. Mikrokontroler yang digunakan dalam proyek ini adalah Arduino Uno Attmega 328, yang dilengkapi dengan LDR (Light Dependent Resistor) sebagai sensor cahaya yang berfungsi untuk mengatur status lampu. Desain lampu otomatis yang akan dibuat ini sangat bermanfaat, dapat mengurangi penggunaan energi listrik dan membuat waktu lebih efektif karena tidak perlu mengoperasikan lampu secara manual (Rizki et al. , 2022).

Arduino Uno adalah salah satu jenis produk yang termasuk dalam kategori Arduino, yaitu sebuah papan elektronik yang memiliki Mikrokontroler Atmega328, berfungsi

serupa dengan komputer (Pratama, 2020). Dalam susunan papan Arduino terdapat Mikrokontroler AVR tipe ATMega 328, yang merupakan salah satu produk dari Atmel. Arduino memiliki kelebihan tersendiri jika dibandingkan dengan papan Mikrokontroler lainnya; selain bersifat terbuka, Arduino juga dilengkapi dengan bahasa pemrograman yang khas, yaitu menggunakan bahasa C++ (Marpaung, 2017).

Relay adalah sebuah alat elektronik yang berfungsi sebagai saklar yang dikendalikan melalui arus listrik. Secara umum, relay berfungsi sebagai tuas saklar yang dihubungkan dengan kawat yang dililitkan pada sebuah batang logam (solenoid) di sekelilingnya. Ketika solenoid menerima arus listrik, tuas tersebut akan tertarik akibat adanya gaya magnet yang dihasilkan oleh solenoid, sehingga kontak saklar akan menutup. Ketika arus dihentikan, gaya magnet itu hilang, tuas kembali ke posisi semula, dan kontak saklar membuka kembali. Relay biasanya digunakan untuk mengendalikan arus atau tegangan tinggi (seperti peralatan listrik 4 A atau AC 220 V) dengan memanfaatkan arus atau tegangan rendah (misalnya 0,1 A atau 12 Volt DC). Relay bisa digunakan untuk mengatur motor AC melalui rangkaian kontrol DC atau untuk beban lain yang memiliki sumber tegangan yang berbeda antara rangkaian kontrol dan beban. Rangkaian yang menggerakkan relay dapat dilihat pada gambar 2. Beberapa aplikasi umum dari relay meliputi: Relay sebagai pengontrol ON/OFF untuk beban yang memiliki sumber tegangan berbeda, Relay sebagai pemilih atau pengatur sambungan, Relay sebagai pelaksana rangkaian yang memiliki fungsi penundaan, serta Relay sebagai pelindung atau pemutus arus dalam kondisi tertentu (Alexander dan Turang, 2015).

Arduino Uno adalah jenis papan sirkuit yang mengandung mikrokontroler dengan ukuran setara kartu kredit, dilengkapi dengan berbagai pin untuk berinteraksi dengan perangkat lain. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler yang bisa digunakan dengan cara yang fleksibel dan dapat diprogram. Program yang dibuat dalam Arduino biasanya dikenal dengan sebutan sketch. Arduino terdiri dari dua bagian utama, yaitu papan sirkuit fisik yang sering disebut dengan mikrokontroler dan aplikasi (software) atau IDE yang dipakai di komputer sebagai alat untuk mengompilasi. Kabel jumper adalah kabel listrik yang dipakai untuk menghubungkan berbagai komponen di breadboard tanpa perlu melakukan penyolderan. Biasanya, kabel jumper memiliki konektor atau pin di kedua ujungnya. Konektor yang digunakan untuk menyambungkan disebut male connector, sedangkan konektor yang digunakan untuk dimasukkan disebut female connector (Nadziroh et al. , 2021).

Arduino Uno merupakan papan rangkaian elektronik yang memanfaatkan mikrokontroler Atmega dan telah dilengkapi dengan sistem minimum serta menyediakan sekitar 32 pin input-output. Pada sistem yang dirancang, Arduino Uno berperan sebagai pusat pengendalian utama dalam pembuatan robot line follower untuk vacuum cleaner yang bekerja menggunakan Arduino dan modul RTC sebagai pengatur waktu. Dalam penggunaannya, sistem ini juga memanfaatkan sensor photodioda sebagai komponen pendeteksi. Photodioda berfungsi mengidentifikasi keberadaan cahaya atau objek di depannya; ketika jalur sensor terhalang benda atau cahaya, keluaran sensor akan berubah menjadi nilai 1 atau kondisi aktif, sedangkan jika tidak ada penghalang, sensor akan menghasilkan nilai 0 atau kondisi tidak aktif. Pada perancangan robot line follower vacuum cleaner berbasis Arduino dan RTC, photodioda digunakan sebagai sumber data masukan untuk membaca garis lintasan, yang kemudian diteruskan sebagai perintah bagi motor agar robot dapat bergerak mengikuti jalur yang telah ditentukan (Ginting & Yakub, 2021)

Lampu otomatis merupakan jenis lampu yang dapat menyala dan mati dengan sendirinya tanpa intervensi manusia. Dalam penelitian ini, peneliti memanfaatkan sensor cahaya dalam rangkaian elektronik yang sederhana. Lampu ini diset agar dapat menyala atau mati secara otomatis. Dengan adanya lampu tersebut, kita tidak perlu khawatir lagi akan lupa menyalakan atau mematikannya saat kita sedang pergi (Romadon, 2019)

Umumnya, fotodioda berfungsi sebagai sensor cahaya karena dimensinya yang kecil, respons yang sangat cepat, dan rentang spektrumnya yang luas. Fotodioda merupakan komponen dioda semikonduktor yang di mana arus bias terbalik berkaitan dengan tingkat cahaya yang jatuh pada bagian sambungan. Bahan dasar yang biasa digunakan untuk fotodioda mencakup silikon, germanium, gallium arsenide, indium antimonide, indium arsenide, lead selenide, dan timah sulfida. Material-material ini dapat menyerap cahaya dalam rentang panjang gelombang tertentu. Gambar 4 menunjukkan spektrum fotodioda yang terbuat dari silikon (Rivai, 2008).

Modul relay adalah alat elektronik yang berfungsi mirip dengan switch, dan dioperasikan dengan arus elektrik. Alat ini digunakan untuk mengatur beban AC dengan menggunakan rangkaian kontrol DC yang memiliki sumber tegangan yang tidak sama antara beban dan rangkaian kontrol. Dalam sistem elektronik, modul relay memiliki peranan yang krusial sebagai penggerak dan penghubung antara beban dan sistem

kontrol elektronik yang terhubung dengan sumber daya yang berbeda (Toby et al. , 2021).

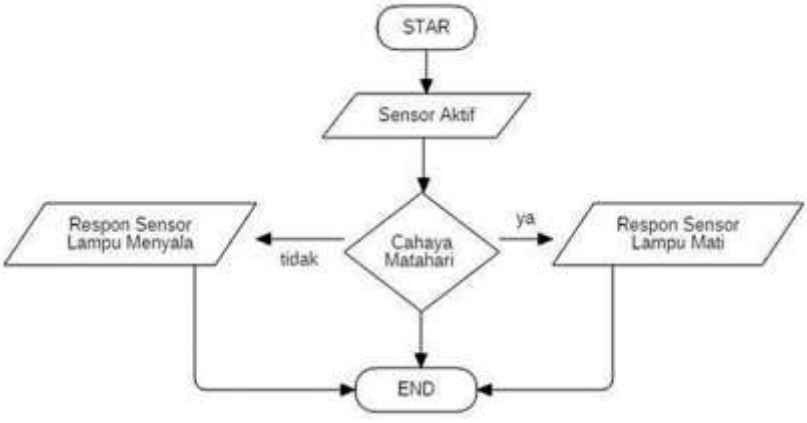
Software Simulasi Proteus adalah aplikasi yang berguna untuk merancang simulasi PCB dan juga dilengkapi dengan fitur simulasi PSpice pada tahap skematik sebelum berganti menjadi PCB. Cara penggunaan Software Simulasi Proteus sangat sederhana, karena komponen yang tersedia telah disertai dengan simbol dan gambar. Dengan demikian, siswa dapat berlatih membuat, menjalankan, dan menganalisis diagram kelistrikan (Anggriany et al. , 2023).

Kabel jumper adalah variasi kabel yang digunakan untuk menghubungkan komponen saat merakit alat prototipe. Kabel ini biasanya disambungkan ke mikrokontroler seperti NodeMCU menggunakan breadboard. Berdasarkan kebutuhan, kabel jumper tersedia dalam tiga variasi, yaitu male to female, male to male, dan female to female. Panjang kabel ini berkisar antara 10 hingga 20 cm dan terbuat dari kawat serabut dengan bentuk rumah bulat. Saat merancang desain rangkaian elektronik, kabel yang menghubungkan berbagai elemen sangat diperlukan (Octaviano, 2023).

LED merupakan singkatan dari Dioda Pemancaran Cahaya, yang merupakan sebuah komponen yang mampu memancarkan cahaya. LED RGB adalah jenis LED yang mengkombinasikan tiga warna dalam satu lampu LED. Di dalam LED RGB terdapat warna MERAH, HIJAU, dan BIRU (Fina Supegina, 2014)

3. METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam perancangan lampu otomatis yang berbasis sensor fotodioda dan Arduino Uno adalah pendekatan eksperimental. Proses ini dilakukan dengan merancang, menerapkan, dan menguji sistem secara langsung di lapangan.



Gambar 1. Analisis Sistem

Tahapan utama dalam metode ini mencakup perencanaan sistem, desain perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian, dan analisis hasil dari pengujian. Sasaran utama dari proyek ini adalah untuk menilai kemampuan sistem dalam berfungsi secara otomatis dalam mendeteksi tingkat cahaya dan mengatur lampu sesuai dengan kondisi lingkungan di sekitarnya.

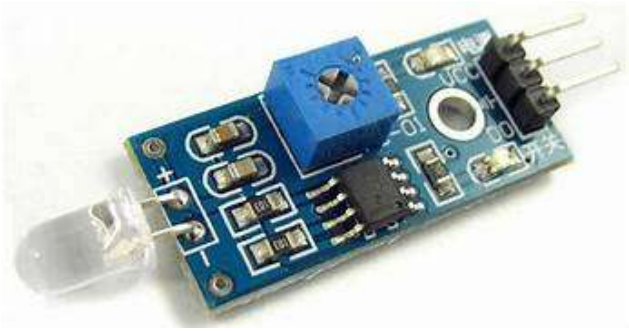
Adapun beberapa alat dan bahan yang digunakan pada tahap perancangan sistem ini, yaitu meliputi :

1. Arduino Uno

Gambar 2. Arduino Uno

Arduino Uno bertindak sebagai pengendali inti yang mengumpulkan informasi dari sensor, mengolahnya, dan mengelola beragam keluaran seperti LED, motor, atau relay. Mikrokontroler ini sederhana untuk diprogram, ideal untuk pendidikan maupun pengembangan prototipe, serta dapat terhubung dengan perangkat lain melalui USB, Bluetooth, WiFi, atau menggunakan protokol I2C, SPI, dan UART.

2. Sensor Fotodioda



Gambar 3. Sensor Fotodioda

Sensor fotodioda berperan dalam mengukur kekuatan cahaya dan mengonversinya menjadi sinyal listrik. Saat cahaya jatuh pada fotodioda, arus yang dihasilkan bervariasi tergantung pada intensitas cahaya tersebut, sehingga perangkat ini sering diterapkan dalam sirkuit pendeteksi cahaya, pengukur jarak berbasis optik, sistem keamanan, serta berbagai aplikasi elektronik yang memerlukan reaksi cepat terhadap variasi cahaya.

3. Modul Relay

Gambar 4. Modul Relay

Modul relay merupakan komponen elektronik yang bertindak sebagai saklar listrik yang dapat dioperasikan oleh sinyal kecil dari mikrokontroler seperti Arduino. Alat ini memungkinkan sirkuit bertegangan rendah untuk mengendalikan beban bertegangan tinggi, seperti lampu, kipas, pompa air, atau perangkat rumah tangga lainnya. Relay berfungsi dengan memisahkan rangkaian kontrol dan rangkaian beban sehingga penggunaan menjadi aman, serta memberikan kemampuan switching yang kuat dan handal dalam berbagai proyek otomasi.

4. Lampu Bohlam

Gambar 5. Lampu Bohlam

Lampu bohlam merupakan alat penerangan yang menghasilkan cahaya dengan memanaskan filamen di dalamnya ketika terhubung dengan listrik. Filamen ini akan bersinar dan mengeluarkan cahaya sehingga bisa menerangi ruangan atau lokasi tertentu. Lampu bohlam sangat umum digunakan karena cara kerjanya yang mudah, instalasinya yang sederhana, dan kemampuannya untuk memenuhi berbagai kebutuhan pencahayaan sehari-hari.

5. Kabel jumper male to female

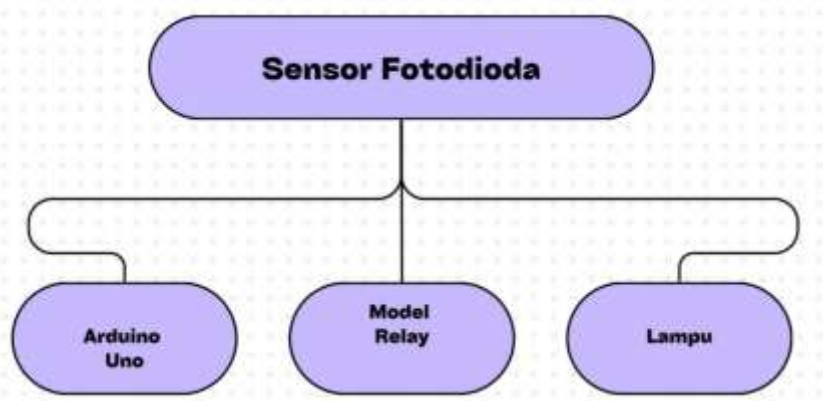
Gambar 6. Kabel Jumper Male to Female

Kabel jumper jenis male to female adalah jenis kabel yang digunakan untuk menghubungkan pin dari komponen elektronik, seperti Arduino, sensor, atau modul, tanpa memerlukan proses penyolderan. Bagian male dilengkapi dengan pin yang bisa dimasukkan ke dalam header atau breadboard, sementara bagian female memiliki soket untuk menerima pin komponen. Dengan adanya kabel ini, proses merakit rangkaian menjadi lebih teratur, fleksibel, dan cepat dalam pengujian atau pembuatan prototipe

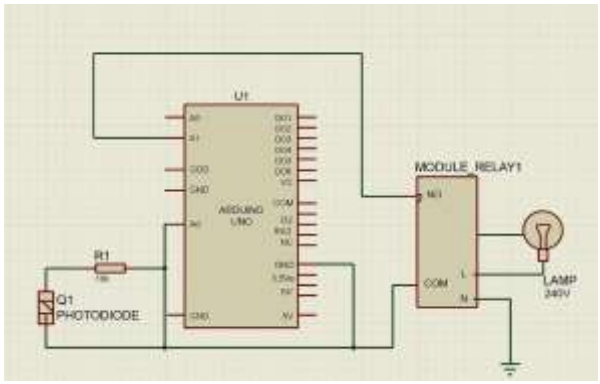
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menunjukkan interaksi antara komponen utama dalam desain ini. Sensor fotodioda mengukur tingkat cahaya di sekitar dan mengirimkan informasi ke Arduino. Arduino selanjutnya menganalisis data tersebut dan mengeluarkan sinyal kontrol ke modul relay. Relay akan menghidupkan atau mematikan lampu sesuai dengan keadaan cahaya.



Gambar 2. Diagram Blok



Gambar 3. Simulasi Rangkaian Menggunakan Proteus

Rangkaian lampu otomatis ini bekerja dengan prinsip pendeteksian intensitas cahaya menggunakan fotodioda yang dipasang sebagai bagian dari pembagi tegangan. Ketika cahaya mengenai fotodioda, perubahan intensitas cahaya tersebut mengakibatkan perubahan nilai tegangan pada titik tengah rangkaian pembagi. Tegangan inilah yang kemudian dibaca oleh Arduino melalui pin A0 sebagai sinyal analog. Nilai analog yang masuk akan berbeda antara kondisi terang dan gelap, sehingga Arduino dapat membedakan apakah lingkungan sedang mendapatkan cahaya matahari atau tidak. Semakin terang kondisi sekitar, tegangan sensor akan berada pada kisaran tertentu, dan ketika kondisi mulai gelap, nilai tegangannya ikut menurun atau meningkat tergantung konfigurasi resistor dan sensor.

Setelah Arduino membaca nilai sensor tersebut, mikrokontroler membandingkannya dengan nilai ambang batas (threshold) yang telah ditentukan dalam program. Jika nilai analog menunjukkan kondisi masih terang, Arduino akan memberikan perintah agar lampu tetap mati. Namun apabila nilai sensor berada pada rentang yang menandakan lingkungan gelap, Arduino mengaktifkan output digital pada pin D2 untuk menyalakan relay. Relay yang terhubung ke pin D2 ini berfungsi sebagai saklar listrik yang menghubungkan atau memutus arus AC ke lampu. Ketika relay aktif, kontak NO (Normally Open) akan terhubung ke COM sehingga arus listrik mengalir ke Jingga dan lampu menyala secara otomatis.

Seluruh sistem bekerja secara terus-menerus, di mana Arduino melakukan pembacaan sensor secara berulang dan memperbarui kondisi relay sesuai tingkat cahaya yang terdeteksi. Sisi daya rendah (sensor dan kontrol Arduino) tetap terlindungi dari sisi tegangan tinggi pada lampu karena relay berfungsi sebagai pemisah antara kedua rangkaian. Dengan cara kerja seperti ini, lampu dapat menyala sendiri ketika malam hari dan otomatis mati saat siang hari tanpa perlu intervensi manual, sekaligus menjaga keamanan karena Arduino tidak bersentuhan langsung dengan tegangan AC tinggi pada lampu.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa lampu otomatis berbasis sensor fotodioda dan Arduino Uno telah berhasil direalisasikan dan bekerja sesuai dengan prinsip yang direncanakan. Sensor fotodioda mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya dengan baik dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh Arduino. Arduino Uno berperan sebagai pusat pengendali yang mengolah data dari sensor dan memberikan perintah kepada modul relay untuk menyalakan atau mematikan lampu. Penggunaan modul relay terbukti efektif sebagai penghubung antara rangkaian kontrol bertegangan rendah dengan beban lampu bertegangan tinggi sehingga sistem tetap aman. Melalui simulasi Proteus, sistem menunjukkan respon yang stabil terhadap perubahan kondisi terang dan gelap. Dengan demikian, sistem lampu otomatis ini dapat diterapkan sebagai solusi penerangan yang lebih efisien, praktis, dan hemat energi, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi otomasi skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, D., & Turang, O. (2015). *PENGEMBANGAN SISTEM RELAY PENGENDALIAN DAN PENGHEMATAN PEMAKAIAN LAMPU BERBASIS MOBILE*. *2015*(November), 75–81.

Anggriany, M. H., Parsa, I. M., & Tamal, C. P. (2023). *Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Video Tutorial Dan Media Pembelajaran Software Simulasi Proteus Terhadap Hasil Belajar Mata Pelajaran Gambar Teknik Listrik*. *6*(1), 1–7.

Fina Supegina, D. S. (2014). *Perancangan robot pencapit untuk penyotir barang berdasarkan warna led rgb dengan display lcd berbasis arduino uno*. *5*(1), 9–17.

Ginting, R. C., & Yakub, S. (2021). *IMPLEMENTASI REAL TIME CLOCK (RTC) PADA*

ROBOT LINE Blok Diagram. *1*(1).

Nadziroh, F., Syafira, F., & Nooriansyah, S. (2021). Alat Deteksi Intensitas Cahaya Berbasis Arduino UNO sebagai Penanda Pergantian Waktu Siang-Malam bagi Tunanetra. *Indonesian Journal of Intellectual Publication*, *1*(3), 142–149.

Rivai, M. (2008). *IDENTIFIKASI JENIS CAIRAN MENGGUNAKAN SENSOR FOTODIODA DAN PYROELECTRIC INFRARED*.

Rizki, D. B., Lubis, M. R., & Andani, S. R. (2022). *SENSOR CAHAYA BERBASIS ARDUINO DI POLRES*. *6*, 1–11.

Romadon, E. M. (2019). Silampari jurnal pendidikan ilmu fisika. *Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, *1*(2), 139–144. https://doi.org/https://doi.org/10.31540/sjpif.v1i2.797

Samsugi, S., & Silaban, D. E. (2018). *PURWARUPA CONTROLLING BOX PEMBERSIH WORTEL DENGAN*. *2018*(November), 1–7.

Syahrial Shaddiq, Muhammad Rivaldi Akbar, M. Y. D. Y. (2025). *Jurnal Teknik Elektro & Teknologi Informasi*. *1*(1), 27–35.

Toby, M., Pratika, S., Piarsa, I. N., Agung, A. A. K., & Wiranatha, C. (2021). *Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things*. *2*(3).