

Rancang Bangun Sistem Lampu Tangga Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560 Menggunakan Sensor Inframerah dan Notifikasi Audio

Iswidodo^{1,*}, Sri Mumpuni Ngesti Rahaju², Raka Uta Gumelar³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bung Karno, Jakarta, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 30 April 2026

Direvisi: 31 Mei 2026

Diterima: 5 Agustus 2026

Kata kunci:

Arduino Mega 2560

Lampu Tangga Otomatis

Notifikasi Audio

Sensor Inframerah

Sistem Kendali

Keywords:

Arduino Mega 2560

Control System

Infrared Sensor

Audio Notification

Automatic Stair Lighting

Penulis Korespondensi:

Iswidodo

Email:

iswidodo@ubk.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem lampu tangga otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang memanfaatkan sensor inframerah untuk mendeteksi pergerakan pengguna pada jalur naik dan turun tangga. Sistem dilengkapi lampu LED, modul audio, dan LCD untuk menampilkan status operasi serta memberikan peringatan saat pengguna berada pada jalur yang salah. Metode penelitian menggunakan pendekatan prototipe yang mencakup tahap perancangan perangkat keras, penyusunan perangkat lunak, integrasi sistem, dan pengujian fungsional. Pengujian dilakukan pada aspek deteksi sensor, respons penyalan lampu, notifikasi audio, tampilan informasi pada LCD, serta operasi sistem pada mode manual dan otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor inframerah mampu membedakan kondisi objek terdeteksi dan tidak terdeteksi berdasarkan perubahan level tegangan keluaran, sehingga lampu dapat menyala mengikuti langkah pengguna pada anak tangga yang aktif. Sistem juga mampu memberikan peringatan suara saat terjadi kesalahan jalur dan menampilkan informasi status secara real-time. Secara umum, prototipe yang dikembangkan bekerja sesuai rancangan dan berpotensi meningkatkan keamanan, kenyamanan, serta efisiensi penggunaan lampu pada area tangga.

This study aims to design and evaluate an automatic stair lighting system based on the Arduino Mega 2560 microcontroller utilizing infrared sensors to detect user movement on ascending and descending stairways. The system is equipped with LED lights, an audio module, and an LCD to display operational status and provide warnings when users take the wrong stair path. The research method employs a prototype approach consisting of hardware design, software development, system integration, and functional testing. The tests were conducted on sensor detection performance, lighting activation response, audio notification, LCD display performance, and system operation in both manual and automatic modes. The results show that the infrared sensors are able to distinguish detected and undetected object conditions based on changes in output voltage levels, enabling the lights to turn on according to user movement on active steps. The system is also capable of generating voice warnings for incorrect path usage and displaying real-time system information. In general, the developed prototype operates according to the intended design and has the potential to improve safety, convenience, and lighting efficiency in stair areas.

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Pencahayaan pada area tangga memiliki peran penting dalam menjaga keselamatan dan kenyamanan pengguna, terutama pada bangunan bertingkat, fasilitas umum, dan lingkungan dengan intensitas cahaya rendah. Kondisi pencahayaan yang kurang memadai dapat meningkatkan risiko salah pijak, terpeleset, dan jatuh saat pengguna menaiki maupun menuruni tangga. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pencahayaan yang mampu bekerja secara otomatis sesuai keberadaan pengguna sehingga tingkat keamanan meningkat sekaligus mengurangi pemborosan energi akibat lampu yang menyala terus-menerus [1], [2].

Perkembangan teknologi mikrokontroler telah mendorong implementasi berbagai sistem otomasi pencahayaan berbasis sensor. Salah satu platform yang banyak digunakan adalah Arduino Mega 2560 karena memiliki jumlah pin input/output yang besar, kemampuan pemrograman yang fleksibel, serta kemudahan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator. Arduino Mega 2560 dinilai sesuai untuk sistem kendali multi-perangkat yang membutuhkan beberapa kanal input dan output secara simultan, seperti pada sistem lampu tangga otomatis yang melibatkan sensor deteksi, lampu LED bertingkat, modul audio, dan LCD informasi [1], [3], [4].

Pada sisi deteksi pengguna, sensor inframerah merupakan komponen yang umum digunakan karena memiliki respons cepat, biaya relatif rendah, serta mampu mendeteksi keberadaan objek pada jarak dekat. Sensor ini banyak diterapkan pada sistem otomasi berbasis kehadiran manusia, termasuk sistem kendali lampu otomatis dan perangkat interaktif lainnya. Dengan menempatkan sensor inframerah pada titik tertentu di area tangga, sistem dapat mengenali pergerakan pengguna dan mengaktifkan pencahayaan hanya pada anak tangga yang sedang dilalui [5], [6].

Selain fungsi pencahayaan, sistem tangga modern memerlukan media informasi tambahan agar interaksi pengguna menjadi lebih baik. Penggunaan LED tangga memungkinkan pencahayaan aktif secara bertahap mengikuti arah gerak pengguna, sehingga memberikan efek visual yang jelas dan membantu orientasi langkah. Di sisi lain, LCD dapat digunakan untuk menampilkan status sistem, mode operasi, atau pesan tertentu secara real-time. Integrasi modul audio juga dapat dimanfaatkan untuk memberikan notifikasi suara ketika pengguna memasuki jalur yang salah atau saat sistem mendeteksi kondisi tertentu. Kombinasi elemen visual dan audio tersebut dapat meningkatkan kenyamanan dan keamanan penggunaan tangga [6–8].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas sistem lampu otomatis berbasis sensor gerak dan mikrokontroler, namun sebagian besar masih berfokus pada otomasi lampu ruangan, smart home umum, atau kendali perangkat listrik tunggal. Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan sensor inframerah, Arduino Mega 2560, LED tangga bertahap, LCD informasi, dan notifikasi audio dalam satu sistem pencahayaan tangga masih relatif terbatas. Kesenjangan ini menunjukkan adanya peluang pengembangan sistem yang lebih aplikatif dan sesuai untuk kebutuhan bangunan bertingkat [3], [4], [9].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem lampu tangga otomatis berbasis Arduino Mega 2560 yang menggunakan sensor inframerah untuk mendeteksi pergerakan pengguna, LED sebagai media pencahayaan bertahap, LCD sebagai penampil informasi, serta modul audio sebagai peringatan suara. Sistem dirancang agar mampu meningkatkan keselamatan pengguna, memberikan kemudahan operasional, serta mendukung penggunaan energi yang lebih efisien melalui aktivasi lampu hanya pada area tangga yang sedang digunakan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan pada bangunan hunian maupun fasilitas publik.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pengembangan Sistem

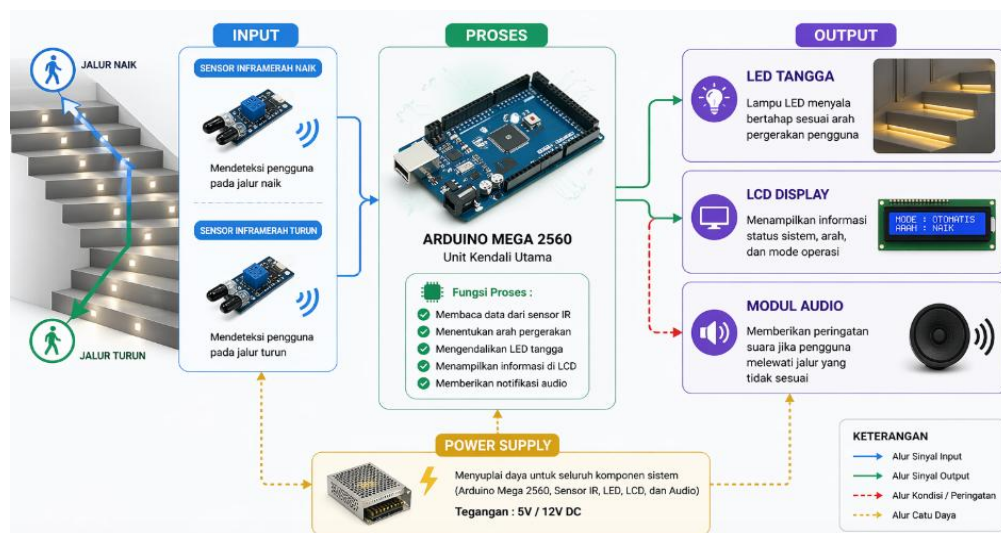
Penelitian ini menggunakan metode prototype untuk merancang dan mengimplementasikan sistem lampu tangga otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560. Metode prototype dipilih karena sesuai untuk pengembangan sistem kendali yang memerlukan proses perancangan bertahap, pengujian fungsi, serta penyempurnaan sistem berdasarkan hasil uji lapangan [1], [4]. Tahapan penelitian terdiri atas:

1. Identifikasi kebutuhan sistem, meliputi kebutuhan pencahayaan tangga otomatis, media peringatan suara, dan tampilan informasi pengguna.
2. Perancangan perangkat keras, mencakup pemilihan sensor inframerah, Arduino Mega 2560, LED tangga, modul audio, LCD, dan catu daya.
3. Perancangan perangkat lunak, yaitu penyusunan algoritma kendali menggunakan Arduino IDE berbasis bahasa C/C++.
4. Integrasi sistem, yaitu penggabungan seluruh modul input dan output menjadi satu kesatuan kerja.
5. Pengujian sistem, meliputi uji sensor, uji respons LED, uji audio, uji LCD, dan uji operasi keseluruhan sistem.
6. Evaluasi kinerja, yaitu analisis keberhasilan sistem berdasarkan skenario pengujian yang telah ditetapkan.

Melalui tahapan tersebut, sistem diharapkan mampu bekerja secara otomatis, responsif, dan stabil pada kondisi penggunaan nyata.

2.2 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri atas unit masukan, unit pengendali, dan unit keluaran. Sensor inframerah berfungsi sebagai unit masukan untuk mendeteksi keberadaan pengguna pada jalur tangga naik maupun turun. Sinyal dari sensor diproses oleh Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama. Berdasarkan data sensor, mikrokontroler akan mengaktifkan LED tangga secara bertahap sesuai arah pergerakan pengguna. Selain itu, sistem mengaktifkan modul audio apabila terdeteksi penggunaan jalur yang tidak sesuai. Informasi status sistem, mode operasi, dan pesan tertentu ditampilkan melalui LCD secara real-time. Catu daya digunakan untuk menyuplai seluruh rangkaian dengan tegangan kerja yang sesuai. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Lampu Tangga Otomatis

Gambar 1 menunjukkan arsitektur kerja sistem lampu tangga otomatis yang terdiri atas tiga bagian utama, yaitu unit masukan, unit pengendali, dan unit keluaran. Unit masukan menggunakan dua sensor inframerah yang ditempatkan pada jalur naik dan jalur turun untuk mendeteksi keberadaan serta arah pergerakan pengguna. Pemanfaatan sensor inframerah pada sistem otomatisasi banyak digunakan karena memiliki respons cepat, biaya implementasi relatif rendah, dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler [1], [5], [6]. Arduino Mega 2560 dipilih sebagai pusat kendali karena memiliki jumlah pin input/output yang cukup banyak sehingga sesuai untuk menangani beberapa sensor dan aktuator secara bersamaan [1], [3].

Berdasarkan sinyal yang diterima dari sensor, Arduino Mega 2560 memproses data dan mengaktifkan unit keluaran sesuai kondisi sistem. LED tangga dirancang menyala secara bertahap mengikuti arah langkah pengguna sehingga area pijakan menjadi lebih jelas, aman, dan hemat energi karena lampu hanya aktif pada bagian yang sedang digunakan [2], [6]. LCD digunakan untuk

menampilkan informasi status sistem, mode operasi, serta arah pergerakan pengguna secara real-time. Selain itu, modul audio berfungsi memberikan peringatan suara apabila pengguna memasuki jalur tangga yang tidak sesuai sehingga meningkatkan aspek keselamatan dan interaksi pengguna [7], [8].

Seluruh rangkaian memperoleh suplai daya dari power supply 5 V/12 V DC agar sistem dapat bekerja stabil dan terintegrasi. Kombinasi sensor inframerah, Arduino Mega 2560, LED tangga, LCD, dan modul audio menunjukkan implementasi sistem otomasi yang sederhana namun fungsional untuk area tangga. Konsep ini sejalan dengan pengembangan sistem kendali cerdas berbasis mikrokontroler yang diarahkan untuk meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan operasional, dan keamanan pengguna pada bangunan modern [4], [9].

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak sistem dirancang sebagai pusat logika kendali yang mengatur proses pembacaan sensor, pengolahan data masukan, pengendalian lampu LED tangga, tampilan informasi pada LCD, serta aktivasi notifikasi audio. Program dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++, karena platform ini umum digunakan pada sistem tertanam berbasis mikrokontroler dan mendukung integrasi berbagai modul input-output secara efisien [1], [3], [4]. Pemanfaatan Arduino pada sistem otomasi juga telah banyak diterapkan pada pengendalian lampu, smart home, serta perangkat monitoring sederhana dengan tingkat implementasi yang relatif mudah [4], [9].

Struktur program terdiri atas dua bagian utama, yaitu proses inisialisasi sistem dan looping utama. Pada tahap inisialisasi, sistem melakukan konfigurasi pin input untuk sensor inframerah, pin output untuk LED tangga, modul audio, dan LCD. Selain itu, variabel kerja, timer, serta status operasi sistem disiapkan agar seluruh perangkat dapat bekerja sinkron sejak awal dinyalakan. Tahap inisialisasi sangat penting untuk memastikan tidak terjadi kesalahan pembacaan sensor maupun konflik logika antarperangkat saat sistem mulai beroperasi [5], [6].

Setelah proses inisialisasi selesai, sistem masuk ke mode pemantauan berkelanjutan (continuous monitoring loop). Pada tahap ini, mikrokontroler membaca dua sensor inframerah yang ditempatkan pada jalur naik dan jalur turun tangga. Jika sensor jalur naik aktif dan sensor jalur turun tidak aktif, sistem mengidentifikasi bahwa pengguna sedang menaiki tangga. Sebaliknya, apabila sensor jalur turun aktif dan sensor jalur naik tidak aktif, sistem mendeteksi bahwa pengguna sedang menuruni tangga. Logika pembacaan dua sensor ini digunakan untuk menentukan arah pergerakan pengguna secara sederhana namun efektif [5], [6].

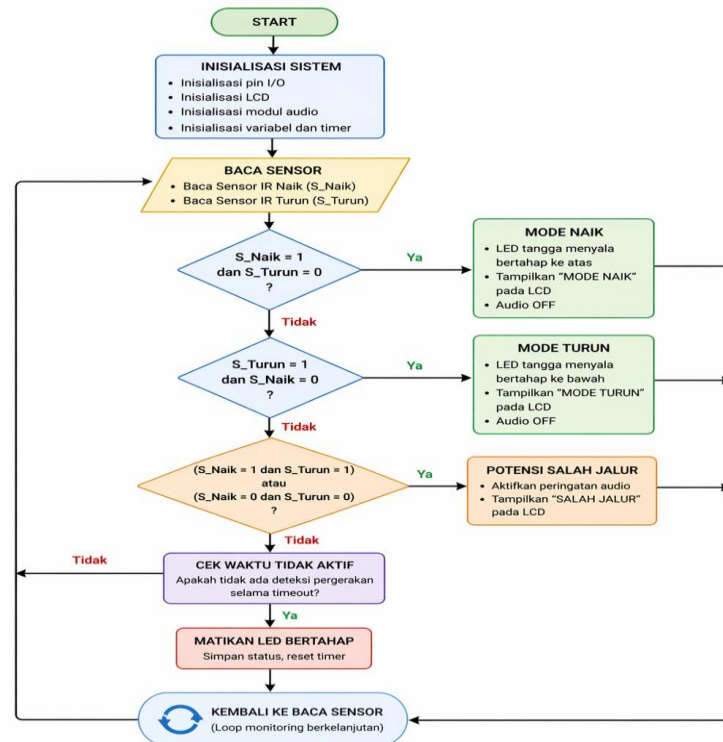
Apabila sistem mendeteksi kondisi mode naik, LED tangga akan menyala secara bertahap dari anak tangga bawah menuju atas mengikuti arah langkah pengguna. LCD menampilkan informasi “MODE NAIK”, sedangkan modul audio berada pada kondisi nonaktif. Pada kondisi mode turun, LED akan menyala berurutan dari bagian atas menuju bawah, dan LCD menampilkan status “MODE TURUN”. Pola pencahayaan bertahap ini dirancang untuk meningkatkan visibilitas pijakan sekaligus memberikan efek pencahayaan yang lebih efisien karena lampu hanya aktif pada jalur yang sedang digunakan [2], [6].

Sistem juga dilengkapi logika deteksi potensi salah jalur. Kondisi ini terjadi apabila kedua sensor aktif secara bersamaan atau kedua sensor tidak aktif pada saat tertentu namun terdapat indikasi perpindahan yang tidak normal. Ketika kondisi tersebut terdeteksi, mikrokontroler mengaktifkan modul audio sebagai peringatan suara dan LCD menampilkan pesan “SALAH JALUR”. Fitur ini ditujukan untuk meningkatkan keselamatan pengguna dan membantu memberikan arahan penggunaan tangga secara benar [7], [8], [10].

Selain itu, perangkat lunak menerapkan fungsi timeout untuk mematikan LED secara otomatis apabila tidak ada aktivitas yang terdeteksi dalam selang waktu tertentu. Mekanisme ini bertujuan menghemat konsumsi energi dan memperpanjang umur pakai lampu LED. Setelah proses pemadaman dilakukan, sistem kembali ke tahap pembacaan sensor dan terus bekerja selama catu daya tersedia. Konsep pengendalian berbasis sensor dan timer seperti ini banyak diterapkan pada sistem otomasi modern untuk meningkatkan efisiensi operasional [2], [4], [9].

Alur logika keseluruhan perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 2, menggambarkan urutan proses mulai dari inisialisasi sistem, pembacaan sensor, penentuan mode operasi, aktivasi keluaran, hingga pengulangan proses monitoring secara terus-menerus. Dengan rancangan perangkat lunak

tersebut, sistem diharapkan mampu bekerja stabil, responsif, dan mudah dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan implementasi di lapangan.



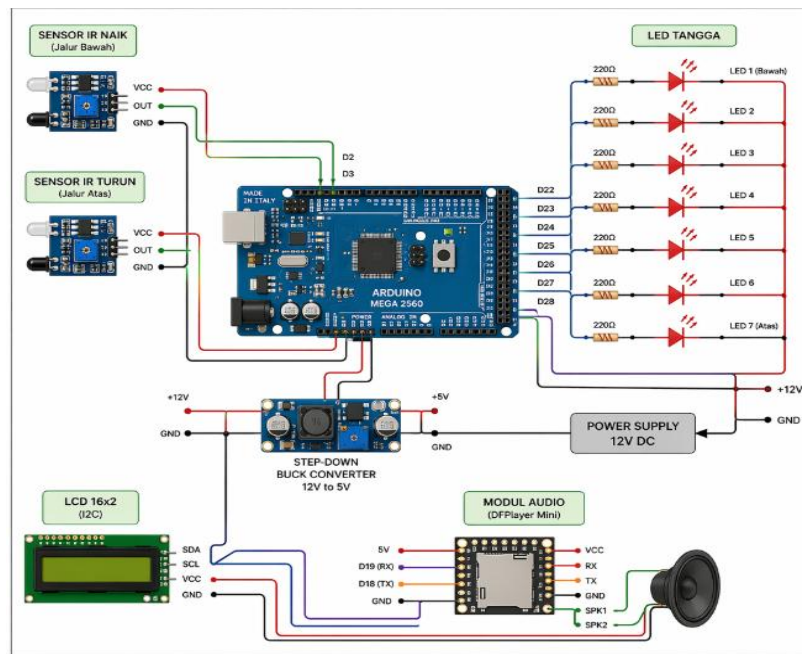
Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

2.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan untuk merealisasikan sistem lampu tangga otomatis yang mampu bekerja berdasarkan deteksi pergerakan pengguna secara real-time. Sistem ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu Arduino Mega 2560 sebagai pengendali pusat, dua sensor inframerah sebagai unit masukan, LED tangga sebagai media pencahayaan bertahap, LCD sebagai penampil informasi, modul audio sebagai notifikasi suara, serta catu daya sebagai sumber energi seluruh rangkaian. Arduino Mega 2560 dipilih karena memiliki jumlah pin input/output yang cukup banyak sehingga mampu menghubungkan beberapa perangkat secara bersamaan dan mendukung pengembangan sistem kendali yang lebih fleksibel [1], [3], [4]. Komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem dirangkum pada Tabel 1. Adapun skematik hubungan antar komponen utama sistem ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 1 Komponen Utama Sistem

No	Komponen	Jumlah	Fungsi
1	Arduino Mega 2560	1 unit	Pengendali utama sistem
2	Sensor inframerah	2 unit	Mendeteksi jalur naik dan turun
3	LED tangga	7 unit	Pencahayaan bertahap tiap anak tangga
4	LCD 16×2 I2C	1 unit	Menampilkan status sistem
5	Modul audio (DFPlayer Mini)	1 unit	Memberikan notifikasi suara
6	Speaker mini	1 unit	Keluaran suara
7	Power supply 12 V DC	1 unit	Sumber daya utama
8	Modul Step-down converter 5 V	1 unit	Menurunkan tegangan ke 5 V
9	Resistor 220 Ω	7 unit	Pembatas arus LED
10	Kabel jumper dan konektor	Secukupnya	Penghubung antar komponen



Gambar 3. Skematik Perangkat Keras Sistem Lampu Tangga Otomatis

Pada Gambar 3 ditunjukkan rangkaian skematik hubungan antar komponen utama secara keseluruhan. Bagian masukan sistem menggunakan dua sensor inframerah, yaitu sensor jalur naik dan sensor jalur turun. Sensor jalur naik ditempatkan pada sisi bawah tangga untuk mendeteksi pengguna yang bergerak dari bawah ke atas, sedangkan sensor jalur turun ditempatkan pada sisi atas tangga untuk membaca pengguna yang bergerak dari atas ke bawah. Kedua sensor menghasilkan sinyal digital HIGH atau LOW yang kemudian dibaca oleh pin input Arduino Mega 2560. Pemanfaatan sensor inframerah dipilih karena memiliki respons cepat, harga ekonomis, dan cukup andal untuk aplikasi deteksi objek jarak dekat [5], [6].

Bagian keluaran utama terdiri atas tujuh LED tangga yang dipasang mengikuti urutan anak tangga. Masing-masing LED dihubungkan ke pin digital Arduino Mega 2560 melalui resistor pembatas arus sebesar $220\ \Omega$ untuk menjaga kestabilan arus dan melindungi LED dari kerusakan. Saat sistem mendeteksi pergerakan pengguna, LED akan menyala secara bertahap sesuai arah langkah, baik dari bawah ke atas maupun dari atas ke bawah. Konsep pencahayaan bertahap ini bertujuan meningkatkan visibilitas pijakan sekaligus menekan konsumsi energi karena lampu hanya aktif pada bagian tangga yang sedang digunakan [2], [6].

Untuk meningkatkan interaksi pengguna, sistem dilengkapi LCD 16×2 berbasis I2C yang berfungsi menampilkan status operasi seperti mode naik, mode turun, kondisi siaga, atau pesan peringatan. Antarmuka I2C dipilih karena hanya memerlukan dua jalur komunikasi, yaitu SDA dan SCL, sehingga lebih efisien dalam penggunaan pin mikrokontroler. Selain itu, digunakan modul audio DFPlayer Mini yang terhubung ke Arduino melalui komunikasi serial untuk menghasilkan notifikasi suara saat terdeteksi kesalahan jalur atau kondisi tertentu pada sistem [7], [8], [10].

Seluruh rangkaian memperoleh suplai daya dari power supply DC 12 V. Tegangan ini kemudian diturunkan menjadi 5 V menggunakan modul step-down converter untuk menyuplai Arduino Mega 2560, sensor inframerah, LCD, dan modul audio. Sementara itu, LED tangga dapat menggunakan suplai sesuai kebutuhan rangkaian agar menghasilkan tingkat pencahayaan yang stabil. Penggunaan catu daya terpisah dan konverter tegangan bertujuan menjaga kestabilan sistem serta mencegah gangguan akibat beban keluaran yang berubah-ubah selama operasi [2], [4].

Berdasarkan rancangan tersebut, integrasi antara sensor inframerah, Arduino Mega 2560, LED tangga, LCD, modul audio, dan sistem catu daya membentuk suatu perangkat otomatisasi yang sederhana namun fungsional. Konfigurasi perangkat keras ini dirancang agar mudah direalisasikan, mudah dipelihara, dan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem tangga pintar berbasis Internet of Things (IoT) pada penelitian selanjutnya [4], [9].

2.5 Skenario Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang mampu bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Proses pengujian difokuskan pada kinerja sensor inframerah sebagai unit masukan, respons Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama, keluaran LED tangga, tampilan informasi pada LCD, serta notifikasi suara dari modul audio. Selain itu, pengujian juga bertujuan mengevaluasi integrasi antarkomponen ketika sistem beroperasi secara otomatis pada kondisi penggunaan nyata [1], [3], [6].

Metode pengujian menggunakan pendekatan black-box testing, yaitu pengujian berdasarkan respons keluaran sistem terhadap masukan tertentu tanpa meninjau kode program secara langsung. Pendekatan ini umum digunakan pada sistem kendali berbasis mikrokontroler untuk memverifikasi fungsi operasional, keandalan perangkat, dan kesesuaian logika kerja sistem. Setiap skenario diuji beberapa kali untuk memastikan hasil yang konsisten dan mengurangi kemungkinan kesalahan akibat gangguan sesaat pada sensor atau catu daya [4], [9].

Skenario pengujian dibagi menjadi lima kelompok utama, yaitu pengujian sensor inframerah, pengujian mode naik, pengujian mode turun, pengujian deteksi salah jalur, dan pengujian fungsi timeout pemadaman LED. Pada pengujian sensor, objek didekatkan dan dijauhkan dari sensor untuk mengetahui kemampuan deteksi keberadaan pengguna. Hasil yang diharapkan adalah perubahan status logika keluaran sensor yang dapat dibaca dengan benar oleh Arduino Mega 2560 [5], [6].

Pada skenario mode naik, pengguna bergerak dari sisi bawah menuju atas tangga sehingga sensor jalur naik aktif terlebih dahulu. Sistem diharapkan menyalakan LED secara bertahap dari anak tangga pertama menuju anak tangga terakhir, LCD menampilkan status “MODE NAIK”, dan modul audio tetap tidak aktif. Sebaliknya, pada skenario mode turun, pengguna bergerak dari sisi atas menuju bawah tangga sehingga sensor jalur turun aktif terlebih dahulu. Sistem harus menyalakan LED secara berurutan dari atas ke bawah dan LCD menampilkan status “MODE TURUN” [1], [2].

Pengujian berikutnya adalah deteksi salah jalur, yaitu kondisi ketika pola pembacaan sensor menunjukkan penggunaan jalur yang tidak sesuai atau terjadi pembacaan tidak normal. Pada kondisi tersebut, sistem diharapkan mengaktifkan modul audio sebagai peringatan suara dan LCD menampilkan pesan kesalahan agar pengguna memperoleh arahan yang benar. Fitur ini penting sebagai bagian dari peningkatan keselamatan dan interaksi pengguna terhadap sistem otomatisasi tangga [7], [8], [10].

Selain itu, dilakukan pengujian fungsi timeout, yaitu ketika tidak ada aktivitas yang terdeteksi dalam selang waktu tertentu. Sistem diharapkan mematikan LED secara otomatis dan kembali ke mode siaga untuk menghemat energi. Mekanisme ini umum diterapkan pada sistem pencahayaan otomatis karena mampu mengurangi konsumsi daya saat area tidak digunakan [2], [9].

Ringkasan skenario pengujian yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan skenario tersebut, pengujian diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai kemampuan sistem dalam mendeteksi pergerakan pengguna, merespons kondisi operasi secara tepat, serta menjaga efisiensi penggunaan energi. Hasil pengujian selanjutnya dibahas pada bagian hasil dan pembahasan.

Tabel 2 Skenario Pengujian Sistem

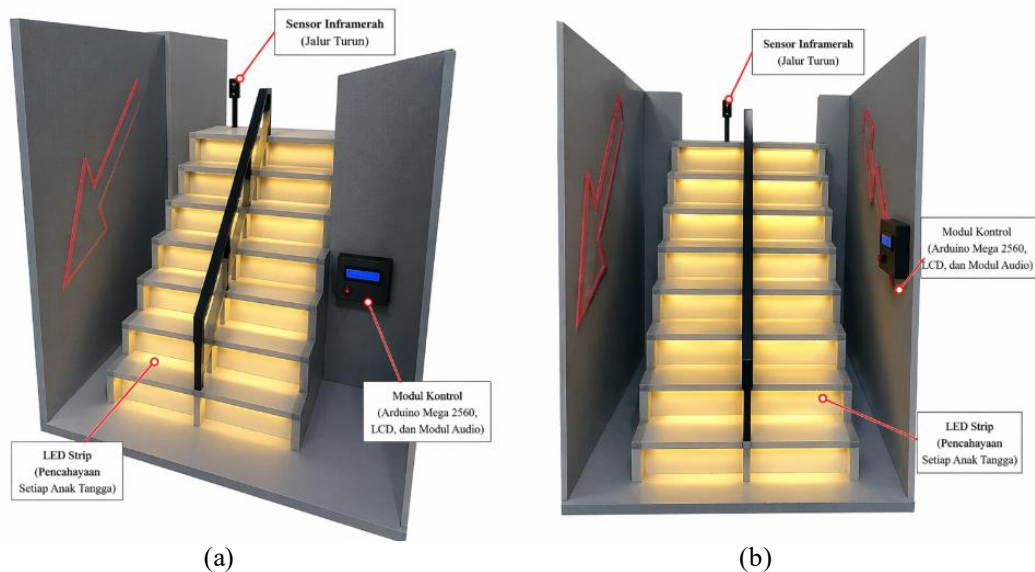
No	Skenario Uji	Kondisi Masukan	Keluaran yang Diharapkan
1	Uji Sensor IR	Objek mendekat / menjauh	Sensor terdeteksi / tidak terdeteksi
2	Mode Naik	Sensor jalur naik aktif	LED menyala dari bawah ke atas, LCD mode naik
3	Mode Turun	Sensor jalur turun aktif	LED menyala dari atas ke bawah, LCD mode turun
4	Salah Jalur	Pola sensor tidak sesuai	Audio aktif, LCD peringatan
5	Timeout	Tidak ada aktivitas	LED mati otomatis, sistem siaga

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Prototipe Sistem

Implementasi prototipe dilakukan untuk merealisasikan hasil perancangan sistem ke dalam bentuk model fisik yang dapat diuji secara langsung. Prototipe dibuat dalam bentuk maket tangga skala

laboratorium yang terdiri atas tujuh anak tangga dengan dua jalur pergerakan, yaitu jalur naik dan jalur turun. Model ini digunakan sebagai media simulasi untuk mengevaluasi fungsi deteksi sensor, pola pencahayaan, tampilan informasi, serta notifikasi suara pada kondisi operasional yang terkontrol. Pada Gambar 4. diperlihatkan Prototipe Sistem Lampu Tangga Otomatis yang diimplementasikan.



Gambar 4. Prototipe Sistem Lampu Tangga Otomatis (a) tampak perspektif (b) tampak depan

Struktur prototipe disusun menggunakan bahan papan ringan dengan konfigurasi tangga bertingkat dan pembatas tengah sebagai pemisah jalur pergerakan. Pada setiap anak tangga dipasang LED strip sebagai sumber pencahayaan utama. Penempatan LED pada bagian bawah pijakan menghasilkan sebaran cahaya yang merata pada area langkah pengguna. Selain meningkatkan visibilitas pijakan, metode ini juga mendukung efisiensi energi karena lampu hanya aktif saat area tangga digunakan [2].

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4(a), sensor inframerah ditempatkan pada area masuk tangga untuk membaca keberadaan pengguna sebelum menaiki atau menuruni tangga. Posisi sensor dirancang agar memiliki sudut deteksi yang optimal sehingga proses pembacaan lebih responsif dan stabil. Sinyal dari sensor diteruskan ke Arduino Mega 2560 sebagai unit pengendali utama untuk menentukan mode operasi sistem. Modul kontrol ditempatkan pada sisi luar prototipe agar mudah diakses selama proses pengujian maupun pemeliharaan. Modul ini terdiri atas Arduino Mega 2560, LCD, tombol kendali, serta modul audio. LCD digunakan untuk menampilkan status operasi seperti mode naik, mode turun, kondisi siaga, dan pesan peringatan. Modul audio berfungsi memberikan notifikasi suara ketika sistem mendeteksi kondisi tertentu, misalnya penggunaan jalur yang tidak sesuai.

Gambar 4(b) memperlihatkan tampak depan prototipe dengan susunan LED yang terpasang simetris pada setiap anak tangga. Konfigurasi ini memungkinkan sistem menyalakan lampu secara berurutan dari bawah ke atas ketika pengguna menaiki tangga, dan sebaliknya dari atas ke bawah ketika pengguna menuruni tangga. Pola pencahayaan bertahap tersebut memberikan fungsi penerangan sekaligus efek visual yang lebih menarik bagi pengguna. Seluruh komponen dihubungkan ke sistem catu daya DC sesuai rancangan perangkat keras. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sensor, Arduino Mega 2560, LED, LCD, dan modul audio dapat terintegrasi dengan baik serta bekerja sesuai fungsi masing-masing. Dengan demikian, prototipe yang dibangun telah memenuhi kebutuhan dasar sebagai sistem lampu tangga otomatis dan siap memasuki tahap pengujian performa pada bagian selanjutnya.

Secara keseluruhan, prototipe yang berhasil direalisasikan menunjukkan bahwa sistem lampu tangga otomatis berbasis mikrokontroler dapat diterapkan menggunakan komponen yang relatif sederhana, mudah diperoleh, dan ekonomis. Sistem ini juga masih terbuka untuk dikembangkan lebih lanjut melalui integrasi pemantauan jarak jauh, pencatatan data penggunaan, maupun konektivitas berbasis Internet of Things (IoT) pada penelitian berikutnya [9].

3.2 Pengujian Sensor Inframerah

Pengujian sensor inframerah dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan objek sebagai representasi pengguna yang akan menaiki atau menuruni tangga. Sensor merupakan komponen penting pada sistem karena berfungsi sebagai pemicu utama proses pengendalian lampu, tampilan LCD, dan logika operasi mikrokontroler. Oleh karena itu, akurasi dan kestabilan pembacaan sensor sangat menentukan kinerja keseluruhan sistem [5], [6]. Pengujian dilaksanakan pada dua kondisi utama, yaitu saat objek berada dalam area deteksi sensor dan saat objek berada di luar area deteksi. Objek uji didekatkan secara bertahap ke sensor hingga sistem memberikan respons deteksi, kemudian dijauhkan kembali untuk memastikan perubahan status keluaran sensor berlangsung dengan baik. Pengujian dilakukan pada sensor jalur naik maupun sensor jalur turun dengan prosedur yang sama.

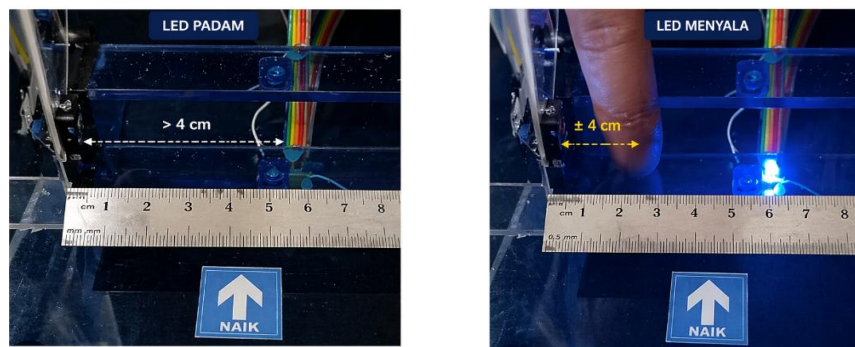
Ketika objek berada pada jarak deteksi, keluaran sensor menunjukkan level logika aktif yang dibaca oleh Arduino Mega 2560 sebagai perintah untuk menjalankan mode operasi tertentu. Sebaliknya, ketika objek berada di luar area deteksi, sensor kembali pada kondisi normal dan sistem tidak memberikan respons aktivasi. Perubahan status ini menunjukkan bahwa sensor mampu membedakan kondisi ada objek dan tidak ada objek secara konsisten. Hasil pengujian sensor inframerah dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Inframerah

No	Kondisi Pengujian	Tegangan Output	Status Logika	Respons Sistem
1	Objek mendekat sensor	0,20 – 0,46 V	LOW / Aktif	Sistem mendeteksi pengguna
2	Objek menjauh sensor	3,96 – 5,07 V	HIGH / Tidak aktif	Sistem siaga
3	Sensor jalur naik aktif	0,20 – 0,46 V	LOW	Mode naik diproses
4	Sensor jalur turun aktif	0,20 – 0,46 V	LOW	Mode turun diproses

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa sensor menghasilkan dua kondisi keluaran yang berbeda secara jelas. Saat objek terdeteksi, tegangan keluaran berada pada rentang rendah antara 0,20 V hingga 0,46 V. Kondisi ini dibaca oleh Arduino sebagai logika aktif sehingga sistem mulai menjalankan proses pencahayaan tangga. Sebaliknya, saat objek tidak terdeteksi, tegangan keluaran meningkat pada rentang 3,96 V hingga 5,07 V dan sistem tetap berada pada mode siaga. Perbedaan level tegangan antara kondisi aktif dan tidak aktif menunjukkan bahwa sensor inframerah memiliki margin pembacaan yang cukup baik, sehingga kemungkinan kesalahan interpretasi logika oleh mikrokontroler relatif kecil. Rentang tegangan ini juga menunjukkan bahwa sensor mampu bekerja stabil pada sistem catu daya 5 V yang digunakan pada prototipe.

Pengujian visual terhadap sensor inframerah ditunjukkan pada Gambar 5. Pada kondisi objek berada di luar batas deteksi, sistem tidak memberikan keluaran aktivasi sehingga LED tetap padam. Ketika objek didekatkan pada jarak sekitar ± 4 cm dari sensor, sistem berhasil mendeteksi keberadaan objek dan LED menyala secara otomatis. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor memiliki ambang deteksi efektif pada jarak pendek dan sesuai digunakan sebagai pemicu akses masuk tangga. Jarak tersebut sesuai dengan karakteristik umum sensor inframerah reflektif yang lebih efektif digunakan untuk deteksi area terbatas dan respons cepat. Dengan jarak ini, sensor cukup sesuai diterapkan pada akses masuk tangga karena pengguna harus melewati area deteksi sebelum menaiki atau menuruni tangga [5]. Namun demikian, sensitivitas sensor masih dipengaruhi oleh sudut pantul objek, warna permukaan, serta intensitas cahaya lingkungan. Pada beberapa kondisi tertentu, perubahan posisi objek dapat menyebabkan variasi kecil pada tegangan keluaran. Oleh karena itu, penempatan sensor dan proses kalibrasi awal menjadi faktor penting agar sistem bekerja lebih konsisten.



(a) Objek di luar jarak deteksi (LED padam)(b) Objek pada jarak ± 4 cm (LED menyala)

Gambar 5. Pengujian Sensor Inframerah terhadap Jarak Deteksi Objek

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor inframerah mampu menjalankan fungsi deteksi dengan baik dan layak digunakan sebagai unit masukan pada sistem lampu tangga otomatis. Respons pembacaan yang cepat dan perbedaan logika keluaran yang jelas mendukung proses kendali Arduino Mega 2560 dalam mengaktifkan mode naik, mode turun, maupun kondisi siaga sistem.

3.3 Pengujian LED, LCD, dan Modul Audio

Pengujian pada tahap ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh perangkat keluaran sistem, yaitu LED tangga, LCD, dan modul audio, mampu bekerja sesuai perintah yang diberikan oleh Arduino Mega 2560. Ketiga komponen tersebut memiliki fungsi penting dalam memberikan respons visual, informasi status, dan peringatan suara kepada pengguna. Oleh karena itu, pengujian dilakukan untuk menilai kesesuaian fungsi, sinkronisasi kerja antarperangkat, serta kecepatan respons terhadap masukan dari sensor inframerah [1], [6].

LED tangga diuji dengan mensimulasikan pergerakan pengguna pada jalur naik dan jalur turun. Saat sensor jalur naik aktif, sistem diharapkan menyalakan LED secara bertahap dari anak tangga pertama menuju anak tangga terakhir. Sebaliknya, saat sensor jalur turun aktif, LED harus menyala berurutan dari bagian atas menuju bawah. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa urutan pencahayaan telah sesuai dengan logika perangkat lunak yang dirancang.



Gambar 6. Respons Pencahayaan LED pada (a) Mode Naik dan (b) Mode Turun

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6(a), saat sistem mendeteksi pengguna pada jalur naik, seluruh LED pada sisi jalur naik menyala secara berurutan hingga seluruh anak tangga aktif, sedangkan LED pada jalur turun tetap padam. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengaktifkan pencahayaan hanya pada jalur yang sedang digunakan. Pada Gambar 6(b), ketika mode turun aktif, LED pada sisi jalur turun menyala seluruhnya, sedangkan jalur naik berada pada kondisi padam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Arduino Mega 2560 mampu membedakan arah pergerakan pengguna dan mengendalikan pencahayaan sesuai logika program yang dirancang. Pola pencahayaan selektif ini memberikan keuntungan dalam bentuk peningkatan visibilitas pengguna serta efisiensi energi karena hanya sisi tangga yang digunakan yang memperoleh pencahayaan aktif [2].

LCD diuji untuk menampilkan informasi status sistem sesuai kondisi operasi. Pesan yang diuji meliputi kondisi siaga, mode naik, mode turun, serta pesan peringatan ketika terjadi kesalahan jalur.

Tampilan LCD yang jelas dan sinkron dengan kondisi sistem diperlukan agar pengguna dapat memahami status operasi secara langsung. Pada pengujian LCD, seluruh pesan status berhasil ditampilkan sesuai kondisi operasi. Tampilan informasi yang sinkron menunjukkan bahwa komunikasi data antara Arduino Mega 2560 dan LCD berjalan stabil. Penggunaan LCD memberikan nilai tambah karena pengguna dapat mengetahui status sistem tanpa perlu mengamati kondisi lampu secara langsung. Modul audio juga menunjukkan kinerja yang baik. Saat kondisi salah jalur terdeteksi, sistem mampu memutar suara peringatan sesuai program yang dirancang. Sebaliknya, pada kondisi normal audio tetap tidak aktif sehingga tidak menimbulkan gangguan suara yang tidak diperlukan. Hal ini menunjukkan bahwa logika pemicu audio telah berjalan sesuai rancangan.

Modul audio diuji dengan memberikan kondisi pemicu tertentu, seperti penggunaan jalur yang tidak sesuai. Ketika kondisi tersebut terdeteksi, sistem harus memutar file suara peringatan melalui speaker mini. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa komunikasi antara Arduino Mega 2560 dan modul audio berjalan baik serta suara yang dihasilkan dapat terdengar dengan jelas [7], [8], [10]. Hasil pengujian perangkat keluaran dirangkum pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian LED, LCD, dan Modul Audio

No	Skenario Pengujian	Keluaran yang Diharapkan	Hasil
1	Sensor jalur naik aktif	LED menyala dari bawah ke atas	Berhasil
2	Sensor jalur turun aktif	LED menyala dari atas ke bawah	Berhasil
3	Tidak ada objek terdeteksi	Seluruh LED mati / siaga	Berhasil
4	Mode naik aktif	LCD menampilkan “MODE NAIK”	Berhasil
5	Mode turun aktif	LCD menampilkan “MODE TURUN”	Berhasil
6	Tidak ada aktivitas	LCD menampilkan “SIAGA”	Berhasil
7	Jalur salah terdeteksi	Audio peringatan aktif	Berhasil
8	Jalur normal	Audio tidak aktif	Berhasil

Berdasarkan Tabel 4, seluruh LED tangga mampu bekerja sesuai arah pergerakan pengguna. Saat mode naik aktif, pencahayaan menyala berurutan dari bawah ke atas, sedangkan pada mode turun LED menyala dari atas ke bawah. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem kendali keluaran telah mampu menerjemahkan sinyal sensor menjadi pola pencahayaan yang sesuai. Selain meningkatkan fungsi penerangan, pola tersebut juga memberikan efek visual yang lebih menarik bagi pengguna.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat keluaran sistem mampu bekerja secara sinkron dan responsif terhadap perintah mikrokontroler. Integrasi LED, LCD, dan modul audio berhasil meningkatkan fungsi sistem tidak hanya sebagai pencahayaan otomatis, tetapi juga sebagai media informasi dan peringatan bagi pengguna. Dengan demikian, sistem memiliki nilai fungsional yang lebih baik dibanding pencahayaan tangga konvensional yang hanya berfungsi sebagai sumber cahaya [2], [9].

3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak pada kondisi operasi nyata. Berbeda dengan pengujian komponen secara terpisah, tahap ini menilai kemampuan sistem dalam menjalankan seluruh fungsi secara simultan, mulai dari deteksi pengguna oleh sensor inframerah, pemrosesan logika pada Arduino Mega 2560, aktivasi LED tangga, tampilan informasi pada LCD, hingga notifikasi suara pada kondisi tertentu. Pengujian menyeluruh diperlukan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja stabil, responsif, dan sesuai tujuan perancangan [1], [3], [4]. Skenario pengujian dilakukan dengan mensimulasikan berbagai kondisi penggunaan tangga yang umum terjadi, yaitu pengguna menaiki tangga, menuruni tangga, memasuki jalur yang salah, tidak adanya aktivitas, serta perpindahan pengguna secara berulang. Setiap skenario diuji beberapa kali untuk melihat konsistensi respons sistem dan memastikan tidak terjadi gangguan fungsi pada saat sistem bekerja terus-menerus.

Pada skenario pertama, pengguna bergerak dari sisi bawah menuju atas tangga. Sensor jalur naik mendeteksi keberadaan objek dan Arduino Mega 2560 memproses kondisi tersebut sebagai mode

naik. Sistem kemudian menyalakan LED secara bertahap dari anak tangga pertama menuju anak tangga terakhir, sementara LCD menampilkan status “MODE NAIK”. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh proses berlangsung sesuai rancangan. Pada skenario kedua, pengguna bergerak dari sisi atas menuju bawah tangga. Sensor jalur turun aktif terlebih dahulu dan sistem mengubah mode operasi menjadi mode turun. LED menyala secara berurutan dari atas ke bawah dan LCD menampilkan status “MODE TURUN”. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan arah pergerakan pengguna dengan baik.

Skenario ketiga dilakukan dengan mensimulasikan pengguna memasuki jalur yang tidak sesuai. Pada kondisi tersebut, sistem mendeteksi pola pembacaan sensor yang tidak normal dan mengaktifkan modul audio sebagai peringatan suara. LCD juga menampilkan pesan kesalahan jalur. Fitur ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai pencahayaan otomatis, tetapi juga memiliki mekanisme keselamatan tambahan bagi pengguna [7], [8]. Skenario keempat dilakukan saat tidak ada aktivitas pada area tangga. Setelah melewati waktu tunda yang telah ditentukan, seluruh LED mati secara otomatis dan sistem kembali ke mode siaga. Mekanisme ini menunjukkan bahwa fungsi timeout bekerja dengan baik dan berpotensi mengurangi konsumsi energi karena lampu tidak menyala terus-menerus [2], [9]. Ringkasan hasil pengujian sistem keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Skenario Uji	Respons Sistem	Status
1	Pengguna menaiki tangga	LED menyala bawah ke atas, LCD mode naik	Berhasil
2	Pengguna menuruni tangga	LED menyala atas ke bawah, LCD mode turun	Berhasil
3	Pengguna masuk jalur salah	Audio aktif, LCD peringatan	Berhasil
4	Tidak ada aktivitas	LED mati otomatis, sistem siaga	Berhasil
5	Penggunaan berulang	Sistem tetap merespons normal	Berhasil

Berdasarkan Tabel 5, seluruh skenario pengujian menunjukkan hasil sesuai dengan rancangan sistem. Tidak ditemukan kegagalan fungsi utama pada saat pengujian dilakukan. Sensor mampu memberikan masukan yang benar kepada mikrokontroler, sedangkan perangkat keluaran mampu merespons sesuai logika yang telah diprogram. Selain itu, pengujian berulang menunjukkan bahwa sistem memiliki kestabilan operasi yang cukup baik pada skala prototipe. LED tetap menyala sesuai urutan, LCD menampilkan informasi secara konsisten, dan modul audio hanya aktif pada kondisi yang telah ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak telah berjalan dengan baik.

Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa sistem lampu tangga otomatis berbasis Arduino Mega 2560 dapat diimplementasikan dengan fungsi utama yang berjalan sesuai tujuan penelitian, yaitu memberikan pencahayaan adaptif, informasi status, dan peringatan suara secara otomatis. Sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan pada bangunan nyata dengan penyesuaian desain mekanik, kapasitas daya, dan jumlah sensor sesuai kebutuhan lapangan.

3.5 Pembahasan Kinerja Sistem

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem lampu tangga otomatis yang dirancang mampu menjalankan fungsi utama sesuai tujuan penelitian. Integrasi antara sensor inframerah, Arduino Mega 2560, LED tangga, LCD, dan modul audio menghasilkan sistem kendali yang responsif terhadap pergerakan pengguna. Sistem dapat mendeteksi arah pengguna, menyalakan lampu sesuai jalur pergerakan, menampilkan status operasi, serta memberikan peringatan suara pada kondisi tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan perangkat keras dan perangkat lunak telah bekerja secara terintegrasi dengan baik pada skala prototipe.

Dari sisi deteksi masukan, sensor inframerah mampu membedakan kondisi ada objek dan tidak ada objek melalui perubahan level logika keluaran. Perbedaan kondisi ini memungkinkan Arduino Mega 2560 membaca status sensor dengan baik sehingga proses pengambilan keputusan dapat dilakukan secara cepat. Sensor inframerah cukup sesuai digunakan pada aplikasi deteksi jarak dekat dengan kebutuhan respons cepat dan biaya implementasi yang relatif rendah [5], [6].

Pada sisi keluaran, LED tangga berhasil menyala secara berurutan mengikuti arah pergerakan pengguna. Pola pencahayaan bertahap tersebut memberikan manfaat ganda, yaitu meningkatkan visibilitas pijakan dan mendukung efisiensi energi karena lampu hanya aktif pada area tangga yang sedang digunakan. Dibandingkan sistem pencahayaan konvensional yang menyala penuh secara terus-menerus, pendekatan ini lebih adaptif terhadap kebutuhan aktual pengguna [2]. Keberadaan LCD dan modul audio memberikan nilai tambah terhadap sistem. LCD memudahkan pengguna mengetahui status operasi secara langsung, sedangkan audio berfungsi sebagai media peringatan ketika terjadi penggunaan jalur yang tidak sesuai. Kombinasi informasi visual dan suara menjadikan sistem tidak hanya berfungsi sebagai pencahayaan otomatis, tetapi juga sebagai sarana bantu keselamatan dan kenyamanan pengguna [7], [8].

Meskipun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan. Jarak deteksi sensor inframerah relatif pendek sehingga penempatan sensor harus dilakukan secara presisi agar pembacaan tetap konsisten. Selain itu, kinerja sensor dapat dipengaruhi oleh sudut pantul objek dan kondisi cahaya lingkungan. Pengujian yang dilakukan juga masih berada pada skala prototipe laboratorium sehingga belum sepenuhnya mewakili kondisi implementasi pada bangunan nyata dengan lalu lintas pengguna yang lebih kompleks. Dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada lampu otomatis ruangan atau sistem smart home sederhana, penelitian ini menawarkan integrasi beberapa fungsi dalam satu platform, yaitu deteksi arah pengguna, pencahayaan bertahap, tampilan informasi, dan notifikasi suara. Dengan demikian, sistem memiliki nilai praktis yang lebih tinggi untuk aplikasi tangga dan area sirkulasi vertikal pada bangunan [3], [9]. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan melalui penggunaan sensor dengan jangkauan lebih baik, penambahan konektivitas IoT, serta fitur pencatatan data penggunaan dan konsumsi energi secara otomatis. Pengembangan tersebut berpotensi meningkatkan keandalan sistem serta memperluas penerapan pada bangunan cerdas modern.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem lampu tangga otomatis berbasis Arduino Mega 2560 yang dikembangkan telah memenuhi fungsi dasar sebagai sistem pencahayaan adaptif yang aman, informatif, dan efisien. Pada skala prototipe, sistem menunjukkan performa yang baik dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut menuju implementasi nyata.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan sistem lampu tangga otomatis berbasis Arduino Mega 2560 yang memanfaatkan sensor inframerah sebagai pendeteksi pergerakan pengguna, LED sebagai media pencahayaan bertahap, LCD sebagai penampil informasi, serta modul audio sebagai notifikasi suara. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai fungsi yang telah direncanakan, mulai dari pembacaan sensor, pengolahan logika kendali, hingga pengaktifan perangkat keluaran secara otomatis.

Berdasarkan hasil pengujian, sensor inframerah mampu mendeteksi keberadaan objek dengan baik dan memberikan sinyal masukan yang dapat diproses secara stabil oleh mikrokontroler. Sistem berhasil membedakan arah pergerakan pengguna pada jalur naik dan jalur turun, kemudian menyalakan LED secara berurutan sesuai arah langkah pengguna. LCD juga mampu menampilkan status operasi sistem secara real-time, sedangkan modul audio berhasil memberikan peringatan suara ketika terdeteksi penggunaan jalur yang tidak sesuai.

Dari sisi fungsional, sistem memberikan peningkatan dibanding pencahayaan tangga konvensional karena lampu hanya aktif pada area tangga yang sedang digunakan. Pendekatan ini berpotensi meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan pengguna, dan keselamatan pada area tangga, terutama pada bangunan bertingkat, fasilitas pendidikan, maupun fasilitas umum dengan mobilitas pengguna yang cukup tinggi.

Meskipun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jangkauan deteksi sensor inframerah yang relatif pendek, sensitivitas terhadap posisi objek, serta pengujian yang masih dilakukan pada skala prototipe laboratorium. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada penggunaan sensor dengan jangkauan lebih luas, peningkatan desain mekanik, serta integrasi teknologi Internet of Things (IoT) untuk fungsi monitoring dan pengendalian jarak jauh.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem lampu tangga otomatis yang dikembangkan layak diterapkan sebagai solusi otomasi pencahayaan yang sederhana, ekonomis, dan mudah dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan implementasi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiana H, Bening Kusumaningtyas A, Maulana R. Rancang Bangun PLTS Solar Tracker Dual [1]Virginia A, Handoko P, Hermawan H. Rancang Bangun Sistem Kontrol Lampu Berbasis Arduino Mega 2560. *Widyakala J* 2019;5:146. <https://doi.org/10.36262/widyakala.v5i2.110>.
- [2] Alamsyah N, Rahmani HF. Lampu Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Berbasis Arduino Uno dengan Alat Sensor LDR. *Formosa J Appl Sci* 2022;1:703–12.
- [3] Anggara Y, Hikmarika H. Perancangan Sistem Kendali Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560 R3 Pada Proyotype Smarthome. *Univ Sriwij* 2018;466.
- [4] Widyaningrum VT, Pramudita YD. Rekayasa Prototype Smart Home berbasis Mikrokontroler. *Rekayasa* 2017;10:92. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v10i2.3610>.
- [5] Revaldi R, Hariadi. Sistem Kontrol Nyala Lampu Otomatis Dengan Menggunakan Sensor Gerak Pada Ruang Kamar Mandi Berbasis Microwave. *Univ Muhammadiyah Sumatra Barat* 2023;53:1–19.
- [6] Akinwale O, Oladimeji T. Design and Implementation of Arduino Microcontroller Based Automatic Lighting Control with I2C LCD Display 2018;1:1–8.
- [7] Nisa AR, Riyanti A, Ramadhani GTA, Rahmadaniar I, Ghani MRA, Tambunan MRH, et al. Sound Record “Selamat Datang Di Curug Cikoneng” Dan Lampu Otomatis Berbasis Motion Gesture. *Elektrika* 2024;16:45. <https://doi.org/10.26623/elektrika.v16i1.8280>.
- [8] Eridani D, Sanusi I, Widiyanto ED. Pengenalan dan Analisis Ucapan pada Sistem Kontrol Perangkat Listrik Menggunakan Arduino Uno. *J Teknol Dan Sist Komput* 2018;6:18–24. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.6.1.2018.18-24>.
- [9] Lasera AB, Wahyudi IH. Pengembangan Prototipe Sistem Pengontrolan Daya Listrik berbasis IoT ESP32 pada Smart Home System. *J Sist Inf* 2020;6:45–52.
- [10] Setiawan D. Sistem Peringatan Pada Pengendara Yang Berpapasan Ditikungan Tajam Berbasis Mikrokontroller. *J SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj Inform Dan Komputer)* 2019;18:11. <https://doi.org/10.53513/jis.v18i1.98>.