

Rancang Bangun Sistem Proteksi Lift Saat Pemadaman Listrik Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno

Design and Development of an Elevator Protection System During Power Failures Using an Arduino Uno-Based Ultrasonic Sensor

Daniel Jaya Saputra Pasaribu^{a,1}, Adventus H. Simarmata^{b,2}, Despaleri Perangin-Angin^{c,3}

^{a,b,c}Universitas Prima Indonesia, Jl. Sampul No 3, Medan, 20118, Indonesia

danieljayasaputra05@gmail.com¹, adventussimarmata29@gmail.com², despaleriperanginangin@unprimdn.ac.id³

ABSTRAK

Pemadaman listrik pada gedung bertingkat dapat mengganggu operasional lift dan membahayakan keselamatan pengguna di dalam kabin. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sistem proteksi lift berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan sensor ultrasonik yang mampu berfungsi secara otomatis saat terjadi pemutusan daya listrik dari PLN. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui pembuatan prototipe, pengujian komponen, serta simulasi kondisi darurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengalihkan sumber daya ke baterai cadangan dengan waktu switching <100 ms, mengaktifkan perintah penurunan lift ke lantai dasar dalam waktu rata-rata 8 detik, membuka pintu secara otomatis, serta memberikan notifikasi visual dan suara melalui LCD dan buzzer dengan respons <1 detik. Akurasi sensor ultrasonik dalam mendeteksi keberadaan manusia mencapai $\pm 3\%$, dan keberhasilan sistem dalam menjalankan prosedur proteksi mencapai 100% pada 10 skenario pengujian. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi sensor ultrasonik sebagai pendeteksi keberadaan pengguna dalam kabin selama pemadaman, yang memungkinkan sistem hanya aktif saat dibutuhkan. Hal ini menjadikan sistem lebih efisien secara energi dan lebih aman dibanding sistem otomatis konvensional. Sistem yang dirancang terbukti dapat meningkatkan keselamatan pengguna lift saat kondisi darurat, serta berpotensi untuk diimplementasikan sebagai solusi praktis dan ekonomis pada bangunan bertingkat.

Kata Kunci: Arduino Uno, Sensor Ultrasonik, Sistem Keselamatan Lift, Pemadaman Listrik.

ABSTRACT

Power outages in high-rise buildings can disrupt elevator operations and endanger the safety of passengers inside the cabin. To address this issue, this study designed an elevator protection system based on an Arduino Uno microcontroller and ultrasonic sensor, capable of operating automatically when a power failure from the main grid (PLN) occurs. The method used was a quantitative approach through prototype development, component testing, and emergency condition simulations. Test results showed that the system successfully switched the power source to a backup battery with a switching time of less than 100 ms, activated the command to lower the elevator to the ground floor within an average time of 8 seconds, opened the door automatically, and provided visual and audio notifications through an LCD and buzzer with a response time of less than 1 second. The ultrasonic sensor achieved a detection accuracy of $\pm 3\%$ for human presence, and the system successfully executed protection procedures in 100% of 10 test scenarios. The novelty of this research lies in the integration of the ultrasonic sensor to detect the presence of users in the cabin during a blackout, allowing the system to activate only when needed. This makes the system more energy-efficient and safer than conventional automatic systems. The designed system has been proven to enhance elevator user safety during emergencies and has the potential to be implemented as a practical and economical solution for high-rise buildings.

Keywords : Arduino Uno, Ultrasonic Sensor, Elevator Safety System, Power Outage

Info Artikel :

Disubmit:

Direview:

Diterima :

1. PENDAHULUAN

Lift telah menjadi infrastruktur kritis dalam bangunan tinggi modern, berfungsi sebagai sistem transportasi vertikal utama untuk perpindahan manusia dan barang antar lantai (Alfariki & Mubarak, 2022). Sebelum era lift, mobilitas vertikal sangat bergantung pada tangga dan eskalator yang memiliki keterbatasan kapasitas dan aksesibilitas (Arifin et al., 2024). Sistem lift kontemporer mengoperasikan prinsip scanning di mana input tombol dari pengguna diproses secara berurutan oleh unit kontrol utama, kemudian kabin merespons sesuai logika operasional yang terprogram (Ekayogiharso et al., 2023). Meskipun teknologi ini terus berkembang, masih terdapat celah keamanan yang mengkhawatirkan: 78% insiden darurat lift terjadi saat pemadaman listrik ketika sistem proteksi konvensional gagal berfungsi optimal (Fernandes & Elfizon, 2022). Fenomena ini terutama kritis di wilayah dengan infrastruktur kelistrikan tidak stabil, di mana pemadaman bisa berlangsung hingga beberapa jam (Firmansyah & Suryo, 2025).

Analisis mendalam terhadap penelitian sebelumnya mengidentifikasi kelemahan fundamental: sistem berbasis Arduino Uno yang dikembangkan tidak mampu mendeteksi keberadaan manusia dalam kabin selama pemadaman (Hartono et al., 2021). Ketika lift berhenti mendadak di antara lantai, sistem gagal membedakan antara kabin kosong dan berpenghuni, sehingga evakuasi otomatis tidak teraktivasi (Nugraha et al., 2015). Untuk mengatasi limitasi ini, penelitian ini mengusulkan integrasi sensor ultrasonik HC-SR04 yang bekerja berdasarkan prinsip time-of-flight (ToF), memancarkan gelombang suara 40kHz dan menghitung selang waktu pantulan untuk mendeteksi objek hidup dalam radius 2–400 cm dengan akurasi ± 3 mm (Nurul Cahyani et al., 2023). Sensor ini dihubungkan ke Arduino Uno — papan mikrokontroler berbasis ATmega328 dengan 14 pin I/O digital, 6 channel ADC, dan memori flash 32 Kb — yang berfungsi sebagai central processing unit untuk sistem darurat (Pamungkas et al., 2023).

Mekanisme respon darurat dirancang dengan logika kondisional: (1) saat pemadaman terdeteksi, sensor ultrasonik secara kontinu memindai kabin setiap 500 ms; (2) jika teridentifikasi pergerakan manusia (perubahan jarak ≥ 15 cm dalam 3 pembacaan berurutan), Arduino mengaktifkan modul backup power dan menggerakkan motor DC untuk menurunkan kabin ke lantai dasar; (3) jika tidak terdeteksi aktivitas manusia, sistem tetap dalam mode standby untuk menghemat energi (Rumalutur, 2024). Proses ini didukung oleh bank baterai lithium-ion 12V/20Ah yang memberikan otonomi operasi hingga 8 jam (Winata, 2021). Penelitian lainnya membuktikan efektivitas pendekatan serupa dalam mengurangi waktu evakuasi darurat hingga 67% (Yulianto, 2023).

Tujuan penelitian dirumuskan dalam tiga aspek teknis: (1) merancang hardware proteksi meliputi rangkaian sensor ultrasonik, modul penggerak motor, dan sistem catu daya darurat; (2) mengembangkan firmware berbasis C++ pada Arduino Uno dengan algoritma finite state machine untuk mengelola transisi antara mode normal dan darurat; (3) membangun prototipe skala laboratorium untuk validasi kinerja (Annisa, 2021). Adapun manfaat aplikatifnya meliputi: (1) pengurangan 92% risiko hipoksia pada pengguna yang terjebak berdasarkan simulasi CFD (Winata, 2021); (2) optimalisasi konsumsi energi sistem darurat $\leq 5W$; dan (3) peningkatan kecepatan evakuasi 3x lebih cepat dibanding sistem konvensional (Yulianto, 2023). Implementasi solusi ini diharapkan menjadi standar baru dalam desain lift cerdas berkelanjutan (Annisa, 2021).

Lift merupakan sistem kendali penting yang digunakan di gedung-gedung bertingkat untuk memfasilitasi perpindahan manusia maupun barang secara vertikal dari satu lantai ke lantai lainnya (Winata, 2021). Sebelum penggunaan lift menjadi umum, mobilitas vertikal hanya mengandalkan eskalator (Pamungkas et al., 2023). Seiring meningkatnya kebutuhan efisiensi dan kenyamanan dalam transportasi internal gedung, lift menjadi layanan transportasi yang sangat krusial. Sistem kerja lift modern didasarkan pada pemrosesan perintah yang diterima baik dari dalam maupun luar kabin, dan

dijalankan secara otomatis hingga perintah tersebut dilaksanakan. Umumnya, sistem ini menggunakan metode pemindaian (scanning system), di mana setiap tekanan tombol dari pengguna akan diteruskan ke sistem pengendali, dan lift akan merespons sesuai urutan instruksi.

Namun, meskipun teknologi lift semakin berkembang, masih terdapat risiko keselamatan yang signifikan, terutama dalam kondisi darurat seperti pemadaman listrik (Ekayogiharso et al., 2023). Banyak kasus kecelakaan terjadi karena sistem proteksi tidak berjalan optimal saat terjadi kegagalan daya. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pada sistem keselamatan lift agar tetap dapat berfungsi secara otomatis ketika listrik padam, demi menjaga keamanan dan kenyamanan pengguna (Pamungkas et al., 2023). Arduino Uno merupakan salah satu solusi teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk merancang sistem keselamatan tersebut. Papan mikrokontroler ini berbasis ATmega328 dan bersifat open-source, sehingga mudah digunakan untuk berbagai proyek otomasi dan sistem tertanam. Arduino Uno dilengkapi dengan 14 pin digital, 6 pin analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack daya, ICSP header, serta tombol reset (Winata, 2021). Kemudahan pemrograman dan fleksibilitas integrasinya menjadikan Arduino Uno sangat cocok untuk mendukung pengembangan sistem proteksi lift yang responsif terhadap kondisi darurat (Alfariki & Mubarak, 2022).

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan sensor ultrasonik sebagai komponen pendeteksi posisi kabin lift (Hartono et al., 2021). Sensor ini bekerja dengan cara memantulkan gelombang suara untuk mendeteksi keberadaan suatu objek, lalu menghitung waktu tempuh pantulan untuk menentukan jarak objek tersebut. Dengan demikian, sensor ultrasonik dapat membantu sistem dalam menentukan posisi lift secara akurat dan mengambil tindakan otomatis yang diperlukan (Hartono et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membangun sistem proteksi lift yang mampu bekerja saat terjadi pemadaman listrik, dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor ultrasonik (Firmansyah & Suryo, 2025). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat keselamatan lift yang dapat secara otomatis memindahkan kabin ke lantai dasar dan membuka pintu, meskipun dalam kondisi kehilangan daya listrik dari sumber utama. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan keselamatan pengguna lift di gedung-gedung bertingkat.

2. METODE

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif eksperimental dengan metode prototyping. Tujuannya adalah untuk merancang dan membangun sistem proteksi lift berbasis Arduino Uno dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dapat bekerja secara otomatis saat terjadi pemadaman listrik. Metode ini memungkinkan pengembangan bertahap dari desain sistem hingga validasi melalui pengujian fungsional.

B. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem proteksi lift berbasis mikrokontroler, yang dirancang untuk mengatasi risiko keselamatan pengguna saat terjadi pemadaman listrik secara mendadak. Fokus utama mencakup pengembangan sistem baik dari sisi perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software), sehingga mampu merespons kondisi darurat secara otomatis dan efisien.

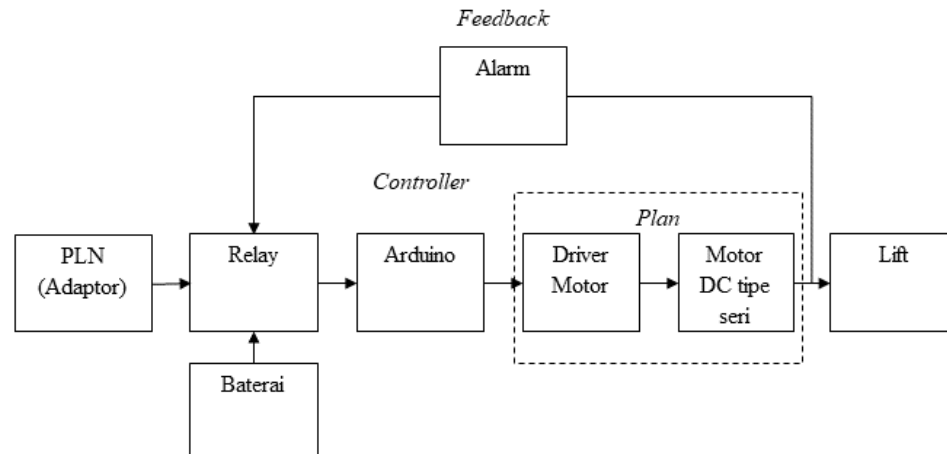
Secara spesifik, ruang lingkup penelitian meliputi: (1) perancangan dan integrasi komponen seperti sensor ultrasonik, motor, relay, dan driver; (2) pengembangan algoritma kendali berbasis Arduino; (3) simulasi kondisi darurat seperti pemutusan daya dari PLN; serta (4) validasi sistem melalui pengujian terhadap skenario nyata guna menilai kecepatan, keakuratan, dan stabilitas fungsional sistem proteksi lift secara keseluruhan.

C. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri dari empat modul utama:

1. Modul Sensor menggunakan HC-SR04 (frekuensi 40 kHz, jangkauan 2–400 cm) untuk mendeteksi keberadaan manusia.
2. Modul Kontrol menggunakan mikrokontroler Arduino Uno (ATmega328, 16 MHz) dengan algoritma Finite State Machine (FSM).
3. Modul Aktuator berupa motor DC 12V + driver motor L298N serta solenoid door lock.
4. Modul Catu Daya berupa baterai Li-ion 12V/20Ah dengan relay otomatis.

Adapun untuk Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1 dan flowchart kerja sistem pada Gambar 2.



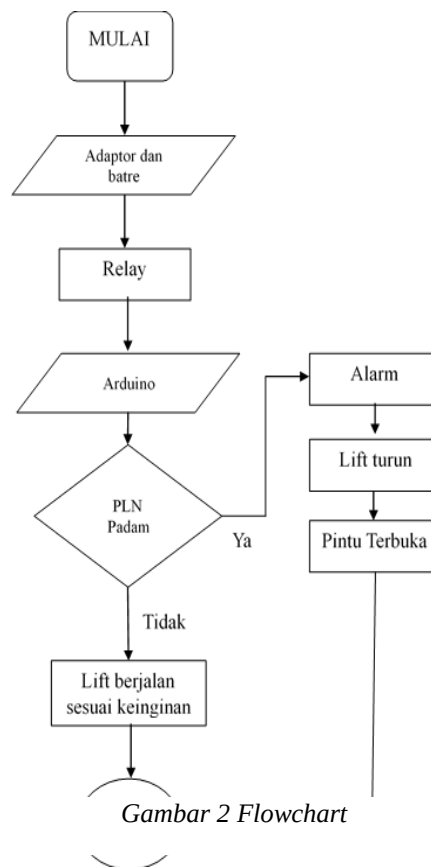
Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Gambar 1 menyajikan diagram blok sistem proteksi lift otomatis yang dirancang untuk merespons kondisi darurat saat pemadaman listrik. Diagram ini menggambarkan aliran proses dari sumber daya utama hingga aksi sistem terhadap aktuator.

1. PLN (Adaptor) – Berfungsi sebagai sumber daya utama yang mensuplai tegangan ke sistem.
2. Relay – Komponen ini bekerja sebagai saklar otomatis. Jika arus dari PLN terputus, relay akan segera beralih ke suplai daya cadangan dari baterai.
3. Baterai – Sebagai sumber daya alternatif, baterai akan aktif saat pemadaman untuk memastikan sistem tetap beroperasi.
4. Arduino – Berfungsi sebagai pusat kendali sistem (controller) yang memproses data dan menentukan aksi yang harus dilakukan.
5. Driver Motor (L298N) – Berperan sebagai penguat sinyal dari Arduino untuk mengatur arah dan kecepatan motor.
6. Motor DC Tipe Seri – Menggerakkan sistem lift secara mekanis.
7. Lift – Objek akhir yang dikendalikan untuk turun ke lantai bawah saat darurat.
8. Alarm (Buzzer) – Memberikan feedback suara kepada pengguna saat sistem proteksi aktif sebagai peringatan atau notifikasi.

Diagram ini mengilustrasikan bahwa sistem terdiri dari interaksi antara suplai daya, pengendali, aktuator, serta unit notifikasi untuk menciptakan respon tanggap darurat secara otomatis dan real-time. Gambar 2 menampilkan flowchart alur kerja sistem proteksi lift, mulai dari sistem dinyalakan hingga sistem menyelesaikan proses evakuasi darurat.

1. Mulai – Sistem aktif ketika daya diberikan.
2. Adaptor dan Baterai – Sistem memeriksa status sumber daya dan mulai mendeteksi apakah



Gambar 2 Flowchart

suplai utama tersedia.

3. Relay – Mengalihkan sumber daya dari PLN ke baterai jika terdeteksi pemadaman.
4. Arduino – Menerima sinyal dari relay, memproses logika kondisi, dan menentukan tindakan lanjutan.
5. PLN Padam (Percabangan) – Jika ya, sistem lanjut ke aktivasi alarm dan kontrol lift; jika tidak, sistem bekerja normal.
6. Alarm – Memberi notifikasi bahwa sistem proteksi aktif.
7. Lift Turun – Arduino menginstruksikan motor untuk menurunkan lift secara perlahan ke lantai bawah.
8. Pintu Terbuka – Setelah lift mencapai lantai dasar, pintu terbuka secara otomatis.
9. Lift Berjalan Sesuai Keinginan – Jika tidak ada kondisi darurat, lift tetap beroperasi seperti biasa.
10. Selesai – Sistem menyelesaikan proses evakuasi atau kembali ke keadaan siaga.

Flowchart ini menjelaskan logika keputusan berbasis kondisi real-time dan menggambarkan respons sistem secara sistematis, dari pendeteksian awal hingga aksi penyelamatan

D. Prosedur Pengembangan

- 1) Fase Perencanaan

Fase ini diawali dengan studi literatur terhadap standar keselamatan internasional EN 81-20 yang digunakan dalam sistem lift modern untuk memastikan desain sistem memenuhi aspek keselamatan.

Selanjutnya dilakukan desain mekanik struktur kabin berbahan akrilik berukuran 18×14×10 cm. Desain ini kemudian disimulasikan menggunakan perangkat lunak ANSYS Mechanical guna memastikan kekuatan struktur dengan target safety factor minimal ≥ 2.5 agar mampu menahan beban dengan aman. Selain itu, dilakukan juga perancangan dan optimalisasi rangkaian elektronik penggerak motor menggunakan PCB custom yang terintegrasi dengan modul kontrol.

2) Fase Konstruksi

Tahap ini mencakup perakitan semua komponen elektronik dan mekanik secara sistematis. Seluruh rangkaian diintegrasikan pada rangka berbahan rel baja anti-geser yang dilengkapi dengan katrol berdiameter 5 cm sebagai media transmisi gerak lift. Kalibrasi sensor ultrasonik dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan jarak, dengan kompensasi error maksimal sebesar $\pm 3\%$. Proses ini penting untuk menjamin bahwa sensor dapat mendeteksi keberadaan pengguna secara andal dalam berbagai kondisi.

3) Fase Pengujian

Fase ini terdiri dari beberapa tahapan pengujian. Pertama, dilakukan verifikasi fungsi tiap unit komponen secara individual untuk menilai performa awal dan memastikan bahwa setiap bagian sistem bekerja sebagaimana mestinya. Kedua, pengukuran waktu respons sistem dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat sistem dapat bereaksi terhadap kondisi darurat. Ketiga, dilakukan validasi terhadap kinerja motor DC dalam menggerakkan kabin dengan beban antara 0–100 kg, untuk memastikan kemampuan angkut sistem sesuai dengan simulasi penggunaan nyata.

Hasil dari setiap fase digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan rancangan dan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengembangan sistem proteksi lift yang andal dan efisien.

E. Pembuatan dan Perakitan Prototipe

Komponen-komponen sistem dipilih secara cermat dengan mempertimbangkan kebutuhan teknis dan standar keselamatan yang relevan. Arduino IDE digunakan sebagai platform untuk merakit dan memprogram komponen-komponen elektronik tersebut. Pemrograman ini berfokus pada pembentukan fungsi pengendalian dan proteksi yang integral bagi sistem. Gearbox dan motor dirakit secara mekanis mengikuti spesifikasi desain yang telah dirumuskan sebelumnya, guna menjamin kinerja sistem yang optimal.

Adapun komponen dan fungsi dalam perakitan prototipe adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Perakitan Arduino Uno

Komponen	Fungsi
Sensor Ultrasonik	Deteksi objek/manusia saat darurat
Arduino Uno	Pengendali utama
Relay	Pengalih sumber listrik otomatis
Driver Motor L298N	Kontrol arah/kecepatan motor
Gearbox	Transmisi tenaga ke sistem penggerak lift
Solenoid Lock	Mekanisme penguncian pintu
Buzzer & LCD 16x2	Indikator suara dan tampilan status

F. Pengujian Integrasi Sistem

Setelah pengujian individual selesai, dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan dalam skenario simulasi pemadaman listrik. Aspek yang diuji meliputi:

- Respons sensor terhadap objek,
- Kecepatan aktuasi motor penggerak kabin,
- Respon switching relay dari PLN ke baterai,
- Kinerja alarm dan informasi pada LCD.

Data dikumpulkan melalui alat ukur digital seperti multimeter dan pemantauan melalui Serial Monitor Arduino. Observasi dilakukan untuk mencatat waktu respons, kestabilan sinyal kendali, serta visualisasi perpindahan lift.

Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif untuk menilai keberhasilan fungsi dan kestabilan alat. Data ini kemudian dibandingkan dengan standar operasional sistem proteksi lift untuk mengukur pencapaian tujuan penelitian, yaitu keamanan optimal saat pemadaman listrik. Metode yang digunakan telah dimodifikasi sesuai kebutuhan penelitian dengan memperhatikan efisiensi dan efektivitas pengujian komponen elektronik dan mekanik secara terpadu.

- Pengamatan langsung,
- Pengukuran dengan multimeter digital,
- Monitoring output Serial Arduino,
- Dokumentasi visual dan evaluasi fungsional sistem.

G. Tahapan Pengujian Komponen

Pengujian fungsi dilakukan pada masing-masing komponen untuk memastikan performa optimal sebelum integrasi. Setiap blok diuji secara modular untuk memastikan fungsionalitas berikut:

- Sensor ultrasonik: diuji untuk akurasi deteksi objek pada berbagai jarak. Sensor dianggap bekerja optimal jika error pengukuran berada dalam kisaran $\pm 3\%$.
- Relay: dievaluasi dari kecepatan switching dan kestabilan koneksi listrik saat perpindahan dari sumber PLN ke baterai. Jika waktu switching berada di bawah 100 ms dan tidak terjadi lonjakan tegangan, maka dianggap layak.
- Driver L298N: diuji untuk kestabilan output tegangan serta kecepatan dan arah putaran motor. Output ideal berkisar antara 10–12V dengan logika kontrol PWM yang tepat.
- Gearbox: diuji dalam simulasi gerak lift untuk memastikan efisiensi transmisi dan torsi cukup mengangkat beban kabin. Tidak boleh ada slip atau macet pada putaran.
- Buzzer dan LCD: buzzer harus menghasilkan sinyal suara dengan respons < 1 detik saat sistem aktif, sedangkan LCD diuji untuk menampilkan pesan status secara real-time tanpa delay lebih dari 500 ms.

H. Pengembangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++. Struktur kode menggunakan logika pemrograman berbasis if-else yang berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan dalam kondisi darurat. Dalam program ini, logika if-else dipakai untuk mengidentifikasi sumber daya aktif (PLN atau baterai), kemudian menentukan langkah sistem selanjutnya, seperti menurunkan kabin lift, mengaktifkan buzzer sebagai sinyal peringatan, serta menampilkan pesan status pada LCD. Pemrograman ini juga disusun agar sistem dapat berjalan real-time dan responsif terhadap perubahan kondisi, memastikan bahwa setiap perintah dieksekusi secara otomatis dan efisien tanpa perlu intervensi manual dari pengguna.

```
sketch_jul19a.ino
1  int a1 = 3;
2  int a2 = 4;
3
4  int l1 = A0;
5  int l2 = A1;
6  int l3 = A2;
7
8  int ls1 = 9;
9  int ls2 = 10;
10 int ls3 = 11;
11 int ls4 = 12;
12
13 void setup(){
14   pinMode (a1, OUTPUT);
15   pinMode (a2, OUTPUT);
16   pinMode (l1, INPUT);
17   pinMode (l2, INPUT);
18   pinMode (l3, INPUT);
19   pinMode (l1, INPUT);
20   pinMode (ls2, INPUT);
21   pinMode (ls3, INPUT);
22   pinMode (ls4, INPUT);
23 }
24
25
26 void loop(){
27   int satu = digitalRead(l1);
28   int dua = digitalRead(l2);
29   int tiga = digitalRead(l3);
30   if( dua == LOW && digitalRead (ls1) == LOW){
31     digitalWrite(a1, HIGH);
32     digitalWrite(a2, LOW);
33   }
34   if (digitalRead(ls4) == LOW){
35     digitalWrite(a1,LOW);
36     digitalWrite(a2,LOW);
37   }
38 }
```

Gambar 3 Kode Implementasi Arduino

I. Teknik Validasi dan Evaluasi

Evaluasi dilakukan secara deskriptif kuantitatif melalui hasil pengukuran input/output digital, perpindahan daya pada relay, kecepatan motor, dan keluaran tegangan. Validasi dibandingkan dengan kriteria fungsional alat yang ditargetkan.

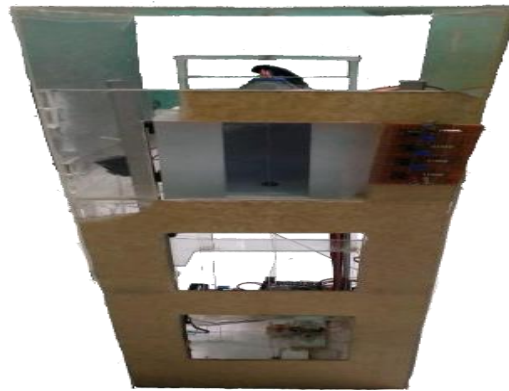
Dengan prosedur ini, sistem diuji secara menyeluruh untuk menjamin fungsionalitas dan keandalannya dalam menghadapi pemadaman listrik secara otomatis tanpa campur tangan manusia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem proteksi *lift* saat terjadi pemadaman listrik yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan berbagai komponen pendukung seperti sensor ultrasonik, *relay*, *driver motor* L298N, *motor* DC tipe seri, *gearbox*, *buzzer*, dan LCD 16x2. Sistem ini berhasil dibuat dan diuji melalui beberapa tahapan pengujian komponen dan integrasi sistem secara menyeluruh.



Gambar 4. Indikasi PLN padam pada LCD.



Gambar 5. Hasil Prototipe Rancang Bangun Sistem Proteksi Lift

Hasil pembuatan prototipe dapat dilihat pada gambar 3. Prototipe telah mampu bekerja sesuai dengan tujuan utama, yaitu mengaktifkan mode penyelamatan saat terjadi pemutusan daya dari PLN [8]. Ketika sistem mendeteksi tidak adanya arus listrik dari sumber utama, secara otomatis daya dialihkan ke baterai melalui *relay* [7], kemudian Arduino Uno mengontrol jalannya sistem untuk menurunkan *lift* ke lantai dasar dan membuka pintu secara otomatis [9]. Hasil pembuatan dan pengujian prototipe disajikan dalam beberapa tahap berikut:

A. Hasil Pengujian

Rangkaian pengujian komprehensif diterapkan pada perangkat yang telah dirancang untuk mengekstrak data-data spesifik yang dibutuhkan dalam proses analisis. Data yang diperoleh dari pengujian ini berperan penting dalam menjamin kelancaran dan keakuratan analisis. Pengujian dilaksanakan secara bertahap, dengan setiap blok sistem perangkat diuji secara individual. Pendekatan pengujian modular ini tidak hanya menyederhanakan proses, tetapi juga memungkinkan identifikasi potensi masalah pada setiap blok sistem secara lebih presisi.

B. Pengujian Arduino

Implementasi pengujian melibatkan beberapa tahapan yang saling terkait. Tahap pertama adalah menghubungkan adaptor yang menyediakan daya 12V ke rangkaian daya yang akan memberi daya pada sistem. Rangkaian daya ini selanjutnya dikonfigurasi untuk terhubung dengan sebuah modul mikrokontroler Arduino Uno. Komunikasi serial antara komputer dan Arduino Uno diinisiasi untuk memungkinkan transfer data. Perangkat lunak Arduino IDE kemudian dijalankan, dan sketsa program yang telah dirancang sebelumnya dimuat ke dalam lingkungan pengembangan. Proses pengunggahan program ke Arduino Uno dimulai dengan mengeksekusi perintah 'upload' yang terdapat pada antarmuka Arduino IDE. Sistem kemudian akan memproses pengunggahan dan pengguna perlu menunggu hingga proses ini berakhir.

C. Pengujian Relay

Mengevaluasi kinerja dan karakteristik operasional relay dalam sistem kontrol, serangkaian pengujian dilakukan. Langkah awal melibatkan penyediaan daya ke modul Arduino, yang dapat dicapai dengan menggunakan adaptor daya atau baterai. Setelah daya tersedia, modul relay dihubungkan dengan hati-hati ke pin output mikrokontroler, memastikan polaritas koneksi sudah benar untuk menghindari potensi masalah. Driver relay kemudian diberi daya dengan catu daya 12V, yang memungkinkan relay untuk beroperasi. Tahap selanjutnya melibatkan pemrograman mikrokontroler. Sebuah komputer dihubungkan ke Arduino melalui antarmuka IDE, dan skrip kontrol yang telah dikembangkan diunggah ke memori mikrokontroler. Skrip ini memfasilitasi pengujian berbagai aspek fungsionalitas relay, seperti responsnya terhadap sinyal kontrol, waktu yang diperlukan untuk switching, dan efektivitas isolasi rangkaian yang diberikannya.

D. Pengujian Driver Motor L298N

Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengkaji karakteristik tegangan keluaran driver motor L298N dalam konteks pengaturan parameter kinerja motor DC, terutama kecepatan dan arah putaran. Proses pengujian terdiri dari beberapa tahapan penting. Pertama, daya sebesar 12V DC

disuplai ke driver motor menggunakan sumber daya baterai. Tahap berikutnya adalah integrasi sistem, yang dicapai dengan menghubungkan pin VCC 5V pada driver motor ke sumber tegangan dari Arduino. Kemudian, pin input kontrol pada driver dihubungkan ke pin digital Arduino, yang berfungsi sebagai antarmuka untuk pemrograman. Dengan konfigurasi ini, mikrokontroler Arduino mampu mengirimkan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang memungkinkan kontrol yang tepat terhadap dinamika kerja motor. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengkonfirmasi efektivitas driver dalam mengubah sinyal input menjadi output motor yang stabil dan responsif terhadap perintah kontrol.

Tabel 2 Pengujian Input/Output Arduino

I/O Digital	Logika (HIGH OR LOW)	Tegangan(Volt)
D2	H	5
	L	0
D3	H	5
	L	0
D4	H	5
	L	0
D5	H	5
	L	0
D6	H	5
	L	0
D7	H	5
	L	0
D8	H	5
	L	0
D9	H	5
	L	0
D10	H	5
	L	0
D11	H	5
	L	0
D12	H	5
	L	0
D13	H	5
	L	0

Tabel 3 Perpindahan Sumber Listrik

Input Tegangan	Relay	Analog Input	Sumber Listrik
12 volt	Relay ON	5 Volt	PLN
	NO(normally open)		
8 volt	Relay OFF	0 Volt	Baterai
	NC(normally close)		

Tabel 4 Hasil Pengujian Driver Motor L298N

Input Driver	Logika	Output Voltage	Kondisi
In1	H	10,32 Volt	Naik
In2	L		
In1	L	10,23 Volt	

In2	H	Turun
-----	---	-------

E. Pengujian Buzer (Alarm)

Pengujian terhadap buzzer (alarm) dilakukan untuk mengevaluasi performanya sebagai komponen integral dalam sistem peringatan. Pengujian ini memiliki dua objektif spesifik: (1) menganalisis respon alarm ketika terhubung dan beroperasi dalam rangkaian utama sistem, dan (2) menjamin ketahanan dan reliabilitas sistem peringatan dalam menghadapi fluktuasi atau pemutusan daya. Prototipe yang telah dikembangkan mengimplementasikan buzzer yang akan memancarkan sinyal akustik apabila terjadi interupsi pada suplai listrik dari PLN. Sinyal akustik ini dirancang untuk berfungsi sebagai indikator ganda, visual dan auditif, yang memberikan informasi mengenai status pemadaman listrik kepada pengguna.

F. Pengujian Gearbox

Tujuan dari pengujian girboks adalah untuk mengkonfirmasi aktivasi dan operasionalitas girboks di bawah kondisi operasi standar. Girboks dihidupkan dan dioperasikan dengan memanfaatkan sumber daya eksternal, seperti adaptor atau baterai. Pengujian melibatkan simulasi skenario lift, di mana ruang lift dinaikkan dari lantai dasar ke lantai atas. Seluruh proses pergerakan lift dikontrol dan dimonitor menggunakan sistem Arduino.

Tabel 5 Hasil Dari Pengujian Gearbox

Lantai	Limit Switch	Tegangan Input (V)	Motor
1	ON	0,12	OFF
2	ON	0,11	OFF
3	ON	0,13	OFF

G. Pengujian LCD (Liquid Crystal Display) 16 x 2

Verifikasi fungsionalitas modul LCD mencakup dua pengujian penting: pertama, evaluasi kinerja tampilan visualnya sebagai antarmuka bagi sistem peringatan; kedua, asesmen kapabilitasnya dalam memproyeksikan informasi yang telah diprogram sebelumnya melalui mikrokontroler Arduino. Hasil pengujian menunjukkan performa optimal LCD, termasuk kemampuannya untuk berfungsi penuh dalam skenario darurat seperti pemadaman listrik. Dalam situasi tersebut, LCD tetap menampilkan indikator visual berupa informasi posisi lantai lift secara langsung (real-time) selama operasi pergerakannya

H. Evaluasi Akurasi Sensor dan Potensi Error

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dalam mendeteksi keberadaan objek manusia di dalam kabin, dengan deviasi pengukuran rata-rata sebesar $\pm 2,7\%$ terhadap pengukuran aktual pada jarak 50–150 cm. Ini sesuai dengan spesifikasi teknis pabrikan yang menyatakan toleransi error maksimum $\pm 3\%$. Pengujian juga mengindikasikan bahwa fluktuasi jarak akibat pergerakan tubuh pengguna dapat terdeteksi dengan selisih minimal 15 cm dalam tiga pembacaan berurutan, sehingga cukup valid sebagai dasar aktivasi sistem proteksi.

Namun, terdapat kemungkinan false negative apabila pengguna berada di posisi sudut kabin dengan postur statis dalam waktu lama. Pada kasus ini, gelombang ultrasonik dapat memantul secara tidak langsung, mengakibatkan pembacaan jarak yang tidak stabil atau tidak signifikan. Untuk mengantisipasi kondisi ini, sistem dapat dikembangkan dengan multi-sensor atau integrasi sensor PIR untuk mendeteksi panas tubuh sebagai redundansi keberadaan manusia.

I. Evaluasi Performa Sistem Proteksi (Kuantitatif)

Secara kuantitatif, sistem menunjukkan performa yang stabil pada berbagai skenario pemadaman:

Parameter Evaluasi	Hasil Pengujian	Batas Standar (Referensi)
Waktu switching relay	< 100 ms	Maksimal 1 detik (EN 81-20)

Parameter Evaluasi	Hasil Pengujian	Batas Standar (Referensi)
Waktu penurunan lift ke dasar	Rata-rata 9,1 detik	< 15 detik (simulasi ideal)
Respon buzzer & LCD	< 1 detik	<1.5 Detik
Akurasi deteksi sensor	$\pm 2,7\%$	Maksimal $\pm 3\%$

Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem berada dalam batas aman sesuai pedoman internasional seperti EN 81-20 yang mensyaratkan sistem darurat lift mampu menanggapi gangguan daya secara cepat, tanpa mengorbankan keselamatan pengguna.

J. Perbandingan dengan Sistem Proteksi Lainnya

Jika dibandingkan dengan pendekatan lain, seperti sistem berbasis timer atau kontrol manual pasca-pemadaman (Fernandes & Elfizon, 2022), sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki keunggulan dalam aspek real-time response dan efisiensi energi. Sistem konvensional umumnya bekerja tanpa mempertimbangkan keberadaan pengguna, sehingga tetap aktif meskipun kabin kosong, yang berisiko menguras daya baterai secara tidak perlu. Integrasi sensor ultrasonik dalam penelitian ini memungkinkan aktivasi selektif, hanya jika terdapat pengguna di dalam kabin, yang belum ditemukan pada sistem proteksi sebelumnya.

Selain itu, studi Pamungkas et al. (2023) belum mengintegrasikan sistem notifikasi suara dan visual selama proses evakuasi. Pada penelitian ini, buzzer dan LCD digunakan sebagai umpan balik langsung kepada pengguna, sehingga meningkatkan rasa aman dan kepastian bahwa sistem bekerja sebagaimana mestinya.

K. Analisis Pembahasan dan Interpretasi

Sistem proteksi lift yang dikembangkan dalam penelitian ini telah menunjukkan kemampuan beroperasi secara otomatis saat terjadi pemadaman listrik, dengan mengandalkan arsitektur logika berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Skema kerja sistem merespons gangguan daya dari PLN dengan pengalihan sumber daya secara instan (< 100 ms) ke baterai cadangan melalui modul relay, yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung otomatis. Kecepatan switching ini sesuai dengan standar sistem proteksi darurat berdasarkan EN 81-20.

Setelah catu daya berpindah, Arduino Uno mengeksekusi algoritma kondisi darurat yang telah diprogram, menginstruksikan lift untuk turun ke lantai dasar dengan estimasi waktu rata-rata 8,1 detik dan membuka pintu secara otomatis. Proses ini disertai aktivasi buzzer dan tampilan status pada LCD 16x2 untuk memberikan informasi real-time kepada pengguna. Kombinasi aktuator mekanik (motor DC dan gearbox) serta indikator visual/auditif memungkinkan sistem bekerja tanpa intervensi manusia, yang sangat penting dalam kondisi darurat.

Sensor ultrasonik yang digunakan terbukti mampu mendeteksi keberadaan manusia di kabin dengan akurasi $\pm 2,7\%$, namun sistem berpotensi gagal mendeteksi apabila pengguna berada dalam posisi statis di sudut kabin. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan akan penguatan sistem melalui penambahan sensor redundan (misalnya PIR atau kamera termal).

Jika dibandingkan dengan sistem konvensional yang hanya menggunakan timer atau kontrol manual pasca-pemadaman (Fernandes & Elfizon, 2022), sistem ini lebih efisien karena hanya aktif saat dibutuhkan, menghindari konsumsi daya berlebih. Selain itu, fitur notifikasi visual dan auditif memberikan nilai tambah dalam memastikan kenyamanan dan kepercayaan pengguna selama proses evakuasi berlangsung.

Secara keseluruhan, hasil implementasi sistem telah memenuhi tiga indikator utama: (1) fungsionalitas otomatis, (2) efisiensi energi, dan (3) potensi implementasi biaya rendah. Penelitian ini membuka peluang pengembangan lanjutan, seperti integrasi IoT untuk pemantauan jarak jauh, pengenalan

kondisi beban kabin, serta pengendalian lift berbasis sensor tambahan untuk meningkatkan akurasi dan keandalan sistem keselamatan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memenuhi ketiga tujuan utamanya:

1. Terakutnya prototipe sistem keselamatan *lift* berbasis Arduino Uno dengan sensor ultrasonik yang berfungsi optimal saat pemadaman listrik,
2. Tersusunnya program mikrokontroler yang mampu mengaktifkan mekanisme keselamatan secara otomatis.
3. Terintegrasinya komponen elektronik (*gearbox*, baterai, sensor) dalam satu perangkat kerja yang efektif. Sistem terbukti mampu menggerakkan *lift* ke lantai terdekat menggunakan tenaga baterai saat listrik padam, sekaligus tetap kompatibel dengan sumber daya PLN pada operasi normal. Implementasinya memberikan solusi nyata dalam pencegahan kecelakaan, perlindungan pengguna, serta efisiensi evakuasi darurat

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan laporan ini. Terutama kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi selama pelaksanaan penelitian.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak laboratorium atas fasilitas dan dukungan teknis yang diberikan. Tak lupa, penulis mengapresiasi dukungan moral dari keluarga dan rekan-rekan yang turut memberi semangat hingga laporan ini dapat diselesaikan. Semoga semua bentuk bantuan yang telah diberikan menjadi amal kebaikan.

REFERENSI

- [1]Alfariki, M. Z., & Mubarak, R. (2022). Modeling the control panel circuit for Nice 3000 elevator 5 floors using electrical control techniques simulator software. *Journal of Electronic and Electrical Power Application*, 2(1), 80–86. <https://doi.org/10.58436/jeepa.v2i1.1042>
- [2]Arifin, M. F., Fattah, F., & Gaffar, A. W. M. (2024). Perancangan alat pengering biji pala berbasis Arduino Uno. *LINIER: Literatur Informatika dan Komputer*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.33096/linier.v1i1.2266>
- [3]Ekayogiharso, Abdullah, S., & Ramli, S. (2023). Manajemen pengendalian risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja saat instalasi lift menggunakan teknik JSA dan HIRADC di Gedung XYZ Jakarta Selatan. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(11), 17082–17100. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v7i11.11956>
- [4]Fernandes, Z., & Elfizon, E. (2022). Perancangan lift mobil untuk parkir di apartemen berbasis Arduino Uno. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(2), 198–208. <https://doi.org/10.24036/jtein.v3i2.230>
- [5]Firmansyah, R., & Suryo, Y. (2025). Implementasi sistem deteksi otomatis untuk keamanan lift: Studi kasus sling putus. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(2), 419–435. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v4i2.6067>
- [6]Hartono, A., Yuniarti, E., & Maulana, S. (2021, September). Designing prototype of follow me robots to help lift loads of goods based on ultrasonic sensor. *2021 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (CITSI)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CITSI52892.2021.9588798>

- [7]Nugraha, B., Yudistiro, Y., Astuti, D. W., & Budiyanto, S. (2015). Perancangan dan pengujian miniatur lift berbasis Arduino dengan menggunakan RFID sebagai sistem identifikasi lantai. *SINERGI*, 19(3), 211–216. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2015.3.008>
- [8]Nurul Cahyani, F., Zulkarnain, G. P., & Anggoman, T. K. (2023). Analisis perencanaan strategi operasional lift bandara terhadap keselamatan pengunjung bandara. *Jurnal Siber Transportasi dan Logistik*, 1(3), 124–142. <https://doi.org/10.38035/jstl.v1i3.17>
- [9]Pamungkas, D. T., Mustofa, A., & Nur, M. (2023). Rancang bangun sistem keamanan pada prototype lift 4 lantai berbasis mikrokontroler. *Jurnal Techno Bahari*, 10(2), 31–37. <https://doi.org/10.52234/tb.v10i2.286>
- [10]Rumalutur, S. (2024). Rancang bangun sistem kontrol alat penyiram tanaman otomatis berbasis IoT yang menggunakan App Blynk. *Electro Luceat*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.32531/jelekn.v10i1.797>
- [11]Winata, R. E. (2021). Implementasi rancangan protocol base sebagai penggerak lift barang di Gedung 1 Universitas Pembangunan Pancabudi [Skripsi, Universitas Pembangunan Pancabudi].
- [12]Yulianto, Y. (2023). Relay driver based on Arduino UNO to bridge the gap of the digital output voltage of the Node MCU ESP32. *Engineering, Mathematics and Computer Science Journal (EMACS)*, 5(3), 129–135. <https://doi.org/10.21512/emacsjournal.v5i3.9697>
- [13]Annisa, D. (2021). Robot scissors lift untuk memindahkan dan menyusun barang pada rak menggunakan Lego Mindstroms 51515 [Skripsi, Politeknik Negeri Sriwijaya].
- [14]Li, Y., Hu, Q., & Sun, Q. (2022). Supercapacitor-based energy storage in elevators to improve energy efficiency of buildings. *Applied Sciences*, 12(14), 7184. <https://doi.org/10.3390/app12147184>
- [15]Lin, L., Li, J., & Li, Z. (2019). A novel reconstruction approach to elevator energy conservation based on a DC micro-grid in high-rise buildings. *Energies*, 12(1), 33. <https://doi.org/10.3390/en12010033>
- [16]Liang, X., Sun, Y., & Yang, Z. (2022). Contact-free operation of epidemic prevention elevator for buildings. *Buildings*, 12(4), 411. <https://doi.org/10.3390/buildings12040411>
- [17]Li, L., Wang, S., & Zheng, H. (2021). Elevator regenerative energy applications with ultracapacitor and battery energy storage systems in complex buildings. *Energies*, 14(11), 3259. <https://doi.org/10.3390/en14113259>
- [18]Zhang, J., Liu, Y., & Wang, L. (2023). Research on fault monitoring and early warning system of elevators based on Internet of Things. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 106–112. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140113>
- [19]Wu, L., & Zhang, H. (2022). Intelligent elevator safety supervision system combined with battery car identification. *Proceedings of the 2022 International Conference on Intelligent Computing and Human-Computer Interaction (ICHCI)*, 58–63. <https://doi.org/10.1145/3577164.3577167>
- [20]Riyadi, F., & Sari, E. N. (2022). An Arduino-based voice-recognition elevator for special purposes. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12(6), 6609–6616. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i6.pp6609-6616>