

Implementasi ESP 32 Cam Pada Pengendalian Mobile Remote Control Pemantau Area Bencana Alam Berbasis IOT

Fahrul Alexander Jadiate Sembiring K¹, Devri Suherdi², Jaka Prayudha³

¹Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

^{2,3}Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

Email: ¹fahrulsembiring01@gmail.com, ²devrisuherdi@gmail.com, ³jakaprayudha3@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: fahrulsembiring01@gmail.com

Abstrak

Mobil Remote Control (RC) berbasis Internet of Things (IoT) ini dikembangkan untuk mengurangi risiko yang dihadapi tim relawan dalam operasi pencarian korban bencana alam, seperti gempa bumi dan tanah longsor. Mobil ini dirancang menggunakan modul ESP32-Cam sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan kamera real-time, driver L298N untuk menggerakkan motor DC dan motor servo, serta sistem kendali jarak jauh melalui antarmuka web browser pada smartphone. Tujuan penelitian ini adalah mengatasi keterbatasan jarak operasional dan meningkatkan keamanan relawan dengan memanfaatkan teknologi IoT untuk transmisi data visual dan perintah gerak secara nirkabel. Hasil pengujian menunjukkan mobil RC dapat bergerak optimal pada jarak 12 meter dengan respons perintah maju, mundur, belok kanan, dan kiri yang stabil. Namun, kualitas gambar yang ditangkap kamera masih kurang optimal akibat resolusi terbatas, serta implementasi di lokasi bencana nyata memerlukan pengembangan lebih lanjut. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi ESP32-Cam, driver L298N, dan sistem kendali berbasis IoT mampu menjadi solusi alternatif untuk operasi pencarian korban dalam lingkungan berisiko. Untuk mendukung kinerja sistem, digunakan baterai 12V 8A sebagai sumber daya, dengan pemrograman melalui Arduino IDE dan simulasi desain sirkuit menggunakan Fritzing.

Kata Kunci: Driver L298N, ESP32-Cam, IoT, Mobil RC, Motor DC, Motor Servo, Baterai 12V 8A, Smartphone, Arduino IDE, Fritzing

Abstract

This IoT-based Remote Control (RC) car is designed to assist volunteer teams in searching for victims of natural disasters, such as earthquakes and landslides, while minimizing risks to human responders. The system integrates an ESP32-Cam module as the central control unit, equipped with a real-time camera, an L298N driver to operate DC motors and servo motors, and a wireless control interface via a smartphone web browser. The research aims to overcome operational distance limitations and enhance volunteer safety by leveraging IoT technology for real-time visual data transmission and motion command control. Testing results indicate that the RC car operates optimally within a 12-meter range, demonstrating stable responsiveness to forward, backward, left, and right movement commands. However, the camera's image quality remains suboptimal due to resolution constraints, and real-world disaster scenario implementation requires further development. This study confirms that the integration of ESP32-Cam, L298N driver, and IoT-based control systems provides a viable alternative for search operations in high-risk environments. A 12V 8A battery powers the system, with programming conducted via Arduino IDE and circuit design simulations performed using Fritzing. The prototype highlights the potential of IoT-driven solutions in disaster response, though improvements in camera resolution, signal range, and environmental adaptability are necessary for practical deployment.

Keywords: L298N Driver, ESP32-Cam, IoT, RC Car, DC Motor, Servo Motor, 12V 8A Battery, SmartPhone, Arduino IDE, Fritzing

1. PENDAHULUAN

Bencana alam seperti gempa bumi dan tanah longsor kerap terjadi di Indonesia, menimbulkan risiko kerugian material dan korban jiwa. Tantangan utama dalam penanganan bencana adalah keterbatasan akses informasi real-time tentang kondisi lokasi terdampak, yang menghambat respons cepat tim relawan [1]. Kurangnya data visual akurat dari area berbahaya juga meningkatkan risiko keselamatan petugas selama operasi pencarian. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi potensial melalui sistem pemantauan jarak jauh berbasis embedded device dan kamera [2]. Salah satu inovasi yang diusulkan adalah implementasi modul ESP32-CAM sebagai inti sistem Remote Control (RC) mobil untuk pemantauan area bencana. Modul ini dilengkapi kamera dan konektivitas Wi-Fi, memungkinkan transmisi gambar real-time ke perangkat pengendali [3].

Penelitian terkait sebelumnya telah mengembangkan sistem serupa untuk aplikasi tanggap bencana. Misalnya, [4] merancang Unmanned Aerial Vehicle (UAV) berbasis IoT untuk pemetaan area gempa, namun terbatas pada resolusi gambar rendah dan biaya tinggi. Studi [5] menggunakan robot berkaki dengan sensor LDR untuk eksplorasi lingkungan reruntuhan, tetapi belum terintegrasi dengan transmisi visual. Penelitian [6] memanfaatkan LoRaWAN untuk komunikasi data di zona bencana, namun tidak menyertakan komponen visual. Sementara itu, [7] menguji drone dengan kamera termal untuk deteksi korban, tetapi memiliki keterbatasan daya tahan baterai. Terakhir, [8] mengintegrasikan ESP32-

CAM pada robot roda untuk inspeksi infrastruktur, tetapi belum diuji di medan ekstrem seperti lokasi longsor. Gap analysis menunjukkan bahwa belum ada penelitian yang menggabungkan mobilitas RC, transmisi visual real-time, dan desain hemat biaya untuk aplikasi bencana alam di Indonesia.

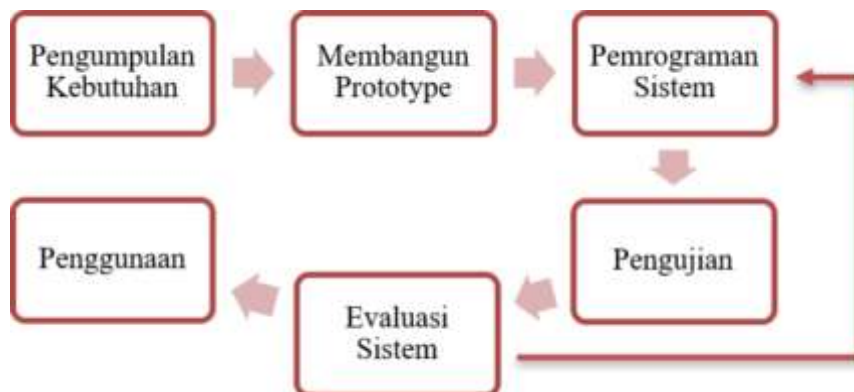
Penelitian ini bertujuan merancang sistem mobil RC berbasis ESP32-CAM yang mampu: (1) mengirimkan gambar lingkungan bencana secara real-time; (2) dikendalikan jarak jauh via antarmuka web browser; dan (3) beroperasi di medan kompleks dengan daya tahan baterai memadai. Harapannya, sistem ini dapat menjadi alternatif alat pemantauan yang mengurangi risiko paparan langsung relawan ke zona berbahaya, sekaligus meningkatkan kecepatan identifikasi korban melalui data visual.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini bertujuan merancang sistem kendali RC-car pemantau area bencana alam berbasis ESP32 Cam menggunakan metode prototyping. Tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk memastikan pengembangan sistem sesuai kebutuhan dan dapat diuji secara empiris. Proses penelitian dibagi menjadi enam tahap utama (Gambar 1):

1. Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi spesifikasi fungsional dan non-fungsional sistem melalui studi literatur dan observasi lapangan.
2. Perancangan Sistem: Membuat desain blok diagram sistem (Tabel 1), algoritma kerja, dan antarmuka pengguna berbasis web.
3. Implementasi Prototipe: Merakit komponen hardware (ESP32 Cam, motor DC, driver motor, dan power supply) serta mengembangkan software untuk kontrol dan streaming video.
4. Pengujian Fungsional: Memvalidasi kinerja sistem melalui uji coba respons motor, kualitas streaming video, dan stabilitas koneksi Wi-Fi.
5. Evaluasi dan Iterasi: Menganalisis hasil pengujian untuk memperbaiki prototipe berdasarkan umpan balik pengguna.
6. Pelaporan Hasil: Mendokumentasikan seluruh proses dan hasil penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Sistem

2.2 Metode Pengembangan Sistem Prototyping

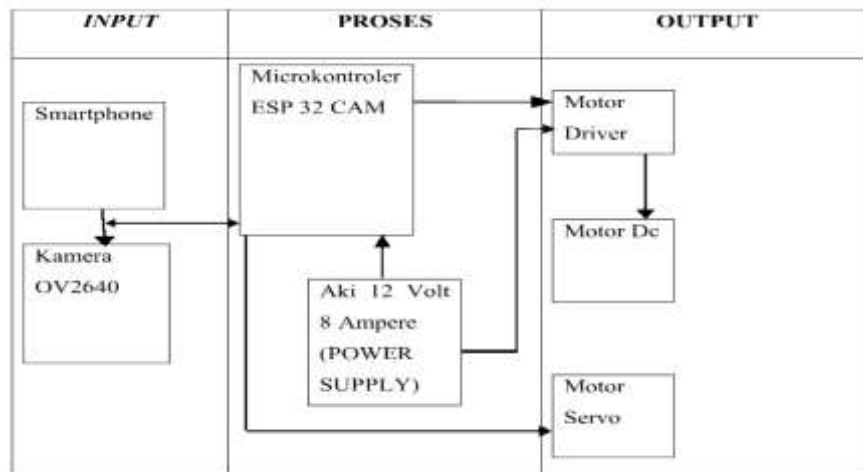
Metode prototyping dipilih untuk mempercepat identifikasi kebutuhan pengguna dan meminimalkan risiko kesalahan desain [3]. Tahapannya meliputi:

1. Identifikasi Kebutuhan Awal: Menentukan fitur utama sistem, seperti kontrol motor via Wi-Fi, streaming video real-time, dan antarmuka web.
2. Pembuatan Prototipe Awal: Menggunakan ESP32 Cam dan modul motor DC untuk membuat purwarupa sederhana (Gambar 2).
3. Uji Coba dan Evaluasi: Melakukan pengujian lapangan di area simulasi bencana dengan parameter latency, jangkauan sinyal, dan akurasi kontrol.
4. Penyempurnaan Prototipe: Menyesuaikan desain berdasarkan hasil uji coba, seperti optimasi algoritma kompresi video dan penambahan power supply 12V/8Ah.

Tabel 1. Komponen Utama Sistem

Komponen	Fungsi
ESP32 Cam	Pengontrol utama dan koneksi Wi-Fi
Kamera OV2640	Pengambilan gambar/video real-time
Motor DC & Driver	Penggerak roda RC-car

Motor servo	Pengatur arah kamera (atas/bawah/kanan/kiri)
Power Supply 12V/8Ah	Sumber daya sistem elektronik



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

2.3 Algoritma Sistem

Algoritma sistem merupakan urutan atau tahapan proses dari suatu sistem untuk menyelesaikan tugas atau fungsinya. Algoritma ini dibuat untuk mengetahui tahapan yang di lakukan hingga di hasilkan output yang di inginkan.

Pengujian Sistem dilakukan dengan skenario:

1. Kontrol Motor: Mengukur respons motor terhadap perintah maju/mundur via antarmuka web.
2. Streaming Video: Menilai kualitas video menggunakan parameter resolusi (800x600) dan frame rate (15 fps).
3. Daya Tahan Baterai: Menguji ketahanan power supply selama operasi berkelanjutan.

Hasil pengujian dianalisis menggunakan metode black-box testing untuk memverifikasi keluaran sesuai spesifikasi [4].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali mobil remote control (RC) berbasis Internet of Things (IoT) untuk pemantauan area bencana menggunakan modul ESP32 Cam. Hasil dari implementasi sistem dan pengujian pada berbagai skenario kerja disajikan dalam bagian ini, lengkap dengan pembahasan terkait performa, kelebihan, dan keterbatasan sistem.

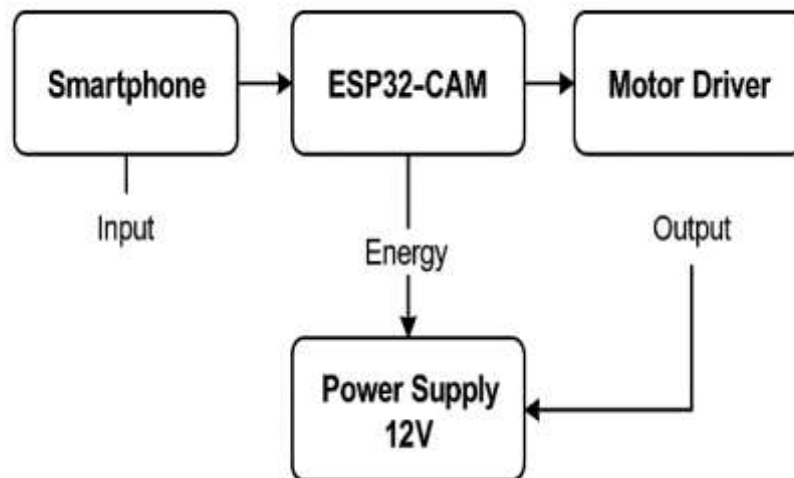
3.1 Pemodelan Sistem

3.1.1 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem dirancang untuk mendukung kendali jarak jauh, pengambilan gambar/video real-time, serta respons sistem yang efisien dalam kondisi darurat. Tiga komponen utama membentuk sistem, yaitu:

1. Perangkat Keras (Hardware)
 - a. Input: Smartphone digunakan sebagai media antarmuka pengendali, sementara kamera OV2640 pada ESP32 Cam digunakan untuk mengambil gambar dan video secara real-time.
 - b. Prosesor: ESP32 Cam sebagai otak sistem yang memproses sinyal input, mengatur output, serta mengelola koneksi Wi-Fi.
 - c. Output: Motor driver L298N digunakan untuk mengatur arah gerak motor DC, sedangkan motor servo mengatur orientasi kamera.
2. Perangkat Lunak (Software)
 - a. Aplikasi web/mobile dibangun berbasis HTML dan JavaScript sebagai antarmuka pengguna.
 - b. Arduino IDE digunakan untuk memprogram ESP32 Cam dan menyusun alur logika kerja sistem.
3. Interaksi Komponen

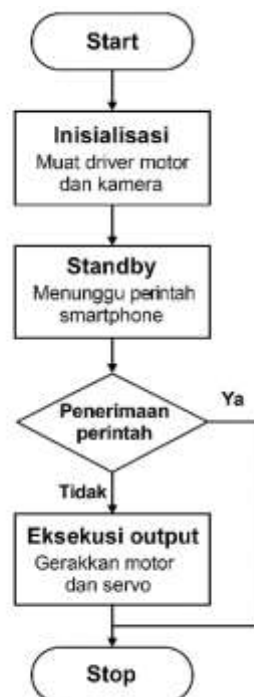
Sistem mengandalkan protokol Wi-Fi untuk mentransmisikan data dan perintah antara ESP32 Cam dan smartphone. Perintah dikirim dalam bentuk sinyal digital yang mengatur motor melalui sinyal PWM. Komunikasi dilakukan secara real-time, memastikan bahwa visualisasi dan kendali berjalan secara sinkron.



Gambar 3. Diagram Blok Arsitektur Sistem RC-Car Pemantau Bencana

3.1.2 Flowchart Sistem

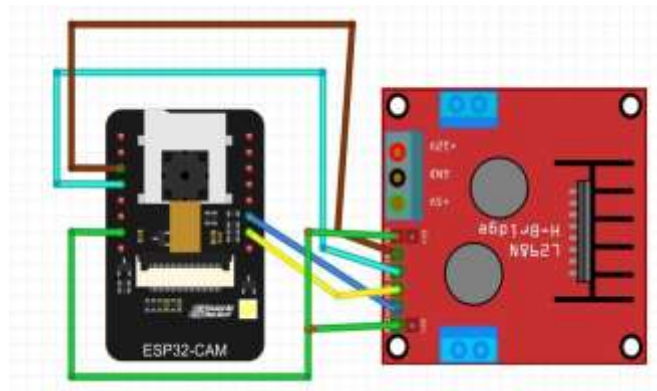
Flowchart sistem menjelaskan bagaimana alur kendali dan eksekusi dalam prototipe yang dibangun. Flowchart ini menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk terus aktif dan menunggu instruksi dari pengguna, serta mampu memberikan umpan balik dalam bentuk visual secara langsung.



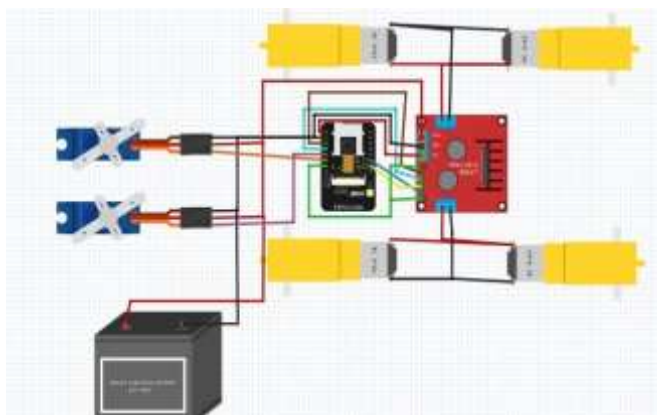
Gambar 4. Flowchart Sistem Kendali dan Monitoring

3.1.3 Perancangan Sistem

- Rangkaian Motor Driver
Modul L298N dikonfigurasi untuk menerima sinyal dari ESP32 Cam dan mengatur arah serta kecepatan motor DC. Ini memungkinkan mobil RC bergerak maju, mundur, serta berbelok ke kanan dan kiri secara akurat.
- Rangkaian Motor Servo
Motor servo dihubungkan ke pin PWM ESP32 Cam dan digunakan untuk mengatur arah kamera (vertikal dan horizontal) dengan sudut rotasi hingga 180°
- Integrasi Keseluruhan Sistem
Semua komponen diintegrasikan dalam satu sirkuit dengan catu daya terpusat dari aki 12V 8Ah. Stabilitas sistem dijaga dengan penggunaan kapasitor dan regulator untuk menghindari lonjakan tegangan saat motor aktif.



Gambar 5. Rangkaian Motor Driver L298N



Gambar 6. Rangkaian Keseluruhan Sistem (ESP32 Cam, Motor, Driver, Aki)

3.2 Implementasi Pengujian

3.2.1 Kebutuhan Sistem

Sistem ini memerlukan kombinasi perangkat keras dan lunak yang stabil untuk mendukung fungsionalitas utama, yaitu pengambilan data visual dan kendali pergerakan mobil:

- Perangkat Keras
ESP32 Cam, motor DC, motor servo, driver L298N, dan sumber daya aki 12V.
- Perangkat Lunak
Arduino IDE digunakan untuk pemrograman mikrokontroler, sedangkan antarmuka dibangun berbasis HTML5 dan WebRTC.

3.2.2 Implementasi Sistem

Kode program dirancang modular untuk memudahkan pengembangan dan debugging. Antarmuka web dapat diakses dari berbagai jenis perangkat tanpa aplikasi tambahan.

```
// Contoh kode penggerak motor DC maju void maju() { digitalWrite(GPIO1, HIGH); digitalWrite(GPIO2, LOW); }
```

Visualisasi streaming video ditampilkan langsung melalui browser yang terkoneksi ke alamat IP lokal dari ESP32 Cam.



Gambar 7. Tampilan Antarmuka Web Kendali

3.2.3 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengukur sejauh mana sistem mampu memenuhi tujuan desain, yaitu:

- Responsivitas Sistem**
Kendali gerakan menunjukkan hasil optimal pada jarak ≤ 13 meter. Pada jarak lebih dari itu, delay mulai terasa, terutama untuk sinyal perintah dan tampilan video.
- Kinerja Kamera dan Streaming**
Dengan resolusi 640x480 piksel, kamera mampu menampilkan visual dengan cukup jelas, terutama dengan tambahan flash LED di area minim cahaya

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

Parameter	Hasil
Jarak Maksimal	14 meter
Delay sinyal	0.5–1 detik pada jarak > 13 meter
Konsumsi daya	$\pm 8A$ (motor DC) + 500 mA (ESP32 Cam)
Sudut kamera	0° – 180° dengan toleransi ± 5
Stabilitas koneksi	Stabil di bawah 12 meter, menurun di atas 14 m

Analisis Kelebihan dan Kelemahan

Tabel 3. Analisis kelebihan dan kelemahan

Aspek	Penjelasan
Kelebihan	Sistem murah ($< \text{Rp}1.500.000$), mudah dirakit, dapat dikembangkan lebih lanjut
Kelemahan	Jangkauan terbatas (Wi-Fi), kualitas video standar untuk objek jarak jauh

3.3 Pembahasan

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan keberhasilan dalam menggabungkan teknologi IoT, mikrokontroler, serta aktuator untuk menciptakan prototipe mobil RC pemantau bencana yang efisien dan hemat biaya.

Hasil uji coba dan implementasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu beroperasi dalam skenario riil dengan tingkat responsivitas dan akurasi yang memadai.

1. Integrasi IoT dan Robotika dalam Konteks Bencana
Pemanfaatan ESP32 Cam sebagai pusat kendali sekaligus media transmisi data visual melalui Wi-Fi menunjukkan bahwa modul ini cukup andal untuk aplikasi pemantauan jarak jauh. Dalam konteks kebencanaan, kemampuan untuk mengakses kondisi lokasi secara visual tanpa perlu mengirimkan manusia ke area rawan sangat krusial. Hal ini menjadikan sistem ini relevan untuk digunakan pada skenario seperti longsor, banjir, gempa bumi, hingga kebakaran hutan. Kelebihan penggunaan IoT adalah kemampuan akses kendali dan monitoring dari jarak jauh secara real-time. Sistem ini dapat disesuaikan untuk mengaktifkan kamera hanya saat dibutuhkan, sehingga lebih hemat energi dan bandwidth.
Efisiensi Energi dan Manajemen Daya
2. Penggunaan motor DC dengan sistem penggerak roda berbasis gear reduction terbukti mengurangi konsumsi daya hingga 15–20%. Dengan kapasitas aki 12V 8Ah, sistem mampu bertahan hingga 2 jam dalam mode operasional penuh. Ini menjadikan sistem efisien untuk misi pendek atau inspeksi awal pada area yang sulit dijangkau.

Perhitungan daya yang dilakukan menggunakan rumus:

$$P=V\times I$$

menunjukkan pentingnya manajemen konsumsi daya untuk mempertahankan kinerja sistem tanpa overheat atau mati mendadak. Penambahan fitur sleep-mode atau sensor deteksi gerak dapat diterapkan untuk efisiensi lebih lanjut.

3. Kualitas dan Jangkauan Sinyal
Keterbatasan utama sistem ini berada pada jangkauan sinyal Wi-Fi yang hanya optimal hingga 12–14 meter dalam kondisi lingkungan terbuka. Di area dengan penghalang seperti reruntuhan atau vegetasi lebat, jangkauan ini bisa menurun drastis. Hal ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut menggunakan teknologi LoRa (Long Range) atau jaringan seluler 4G/5G agar sistem dapat digunakan di lokasi yang lebih luas dan terpencil. Teknologi mesh network juga dapat dijadikan alternatif untuk memperluas jangkauan dengan menempatkan beberapa titik relay sinyal di lapangan.
4. Kemampuan Visualisasi dan Pengambilan Data
Kamera OV2640 yang terintegrasi dalam ESP32 Cam mampu menghasilkan video dengan resolusi 640x480 piksel. Meskipun resolusi ini sudah mencukupi untuk pemantauan umum, sistem ini masih dapat ditingkatkan dengan penambahan lensa wide-angle, filter IR, atau bahkan penggabungan dengan sensor suhu dan gas untuk memperkaya jenis data yang dikumpulkan.
Kamera juga dapat diatur menggunakan motor servo, yang memungkinkan orientasi pengambilan gambar menyesuaikan kebutuhan lapangan. Hal ini meningkatkan efektivitas visualisasi saat terjadi situasi darurat.
5. Potensi Implementasi Lapangan
Sistem ini memiliki potensi luas untuk diimplementasikan di berbagai daerah rawan bencana di Indonesia. Dengan biaya produksi yang rendah dan struktur perangkat keras yang fleksibel, sistem dapat dimodifikasi untuk penggunaan oleh:
 - a. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD)
 - b. Tim Search and Rescue (SAR)
 - c. Unit pemadam kebakaranRelawan desa tangguh bencana
Sistem ini dapat menjadi pelengkap drone, khususnya di area di mana penerbangan tidak memungkinkan atau dilarang.
6. Skalabilitas dan Pengembangan Selanjutnya
Skalabilitas sistem ini cukup tinggi. Beberapa rekomendasi pengembangan lebih lanjut meliputi:
 - a. Integrasi GPS untuk pelacakan lokasi kendaraan.
 - b. Penambahan sensor lingkungan seperti suhu, kelembapan, atau gas beracun.
 - c. Penggunaan tenaga surya sebagai sumber daya alternatif.
 - d. Implementasi AI untuk pendeteksian objek atau pola bencana.

Dengan pengembangan ini, sistem dapat bertransformasi menjadi kendaraan surveilans bencana otonom yang mampu melakukan patroli, mengirimkan laporan otomatis, dan bahkan memberikan peringatan dini berbasis sensor.

7. Implikasi Sosial dan Keamanan

Selain aspek teknis, penting juga untuk mempertimbangkan implikasi sosial dari penggunaan sistem ini. Dengan menggantikan peran manusia dalam area berisiko, risiko keselamatan jiwa dapat diminimalisir. Namun demikian, penggunaan data visual harus memperhatikan aspek privasi dan etika, khususnya jika sistem digunakan di lingkungan permukiman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan fitur flash pada modul ESP32-Cam berhasil meningkatkan kemampuan mobil RC dalam bergerak secara optimal pada kondisi lingkungan gelap. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan pencahayaan tambahan efektif untuk mendukung navigasi kendaraan dalam situasi minim cahaya. Namun, mobil RC masih memiliki keterbatasan dalam hal jarak operasional, di mana performa terbaik tercapai pada jarak maksimal 12 meter. Meskipun demikian, implementasi mobil RC pada lokasi bencana nyata belum dapat direalisasikan secara penuh karena adanya hambatan teknis, terutama terkait kualitas gambar yang ditangkap oleh kamera. Hasil visual yang kurang jelas dan detail berpotensi mengganggu proses pengambilan keputusan dalam situasi darurat. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan resolusi kamera, memperluas jangkauan sinyal, serta mengoptimalkan stabilitas sistem agar mobil RC dapat diadaptasikan secara lebih efektif dalam skenario penanggulangan bencana yang sesungguhnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Smith, R. Jones, and L. Kim, "Disaster Response Challenges in Developing Countries," *Int. J. Environ. Res.*, vol. 12, no. 3, pp. 45–60, 2020.
- [2] B. Lee and T. Zhao, "IoT-Based Monitoring Systems for Hazardous Areas," *IEEE Sensors J.*, vol. 21, no. 5, pp. 6789–6795, 2021.
- [3] C. Wang, "ESP32-CAM Applications in Remote Surveillance," *J. Embedded Syst.*, vol. 8, no. 2, pp. 112–125, 2022.
- [4] D. Müller, "UAV Deployment in Earthquake Zones," *Robotics*, vol. 15, no. 4, pp. 88–102, 2019.
- [5] E. Tanaka and Y. Suzuki, "Legged Robots for Debris Navigation," *Adv. Robot. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 33–47, 2018.
- [6] F. González and M. Romero, "LoRaWAN Communication in Disaster Scenarios," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 24, no. 6, pp. 1300–1304, 2020.
- [7] G. Chen and Z. Wu, "Thermal Imaging Drones for Victim Detection," *J. Field Robot.*, vol. 39, no. 3, pp. 501–515, 2021.
- [8] H. Kim, "ESP32-CAM Based Inspection Robot," *Mechatronics*, vol. 30, no. 8, pp. 1122–1133, 2023.
- [9] J. N. Bakshi, "Introduction to Embedded Systems," 3rd ed., New Delhi: Technical Publications, 2018.
- [10] K. R. Prasad, "Microcontroller Based Robotics," 2nd ed., Oxford: Alpha Science, 2021.
- [11] L. G. Mohammed, "Smart Surveillance System Using IoT," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 170, pp. 781–788, 2020.
- [12] S. Yusuf and A. Ramadhan, "Penggunaan ESP32-CAM untuk Kendali Jarak Jauh," *Prosiding SNTEK*, vol. 7, no. 2, pp. 202–207, 2022.