

# RANCANG BANGUN SISTEM KOMUNIKASI AKTIVITAS PEKERJA LAPANGAN BERBASIS ESP32-CAM

Hardi Ruzrabani Tyas<sup>1\*</sup>, Denny Irawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Muhammadiyah Gresik; Jl. Sumatera No.101, Randuagung, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61121, Indonesia; [\(031\) 3951414](tel:0313951414)

## Keywords:

ESP32-CAM;  
WiFi;  
HTTP;

## Correspondent Email:

[ardiruzz415@gmail.com](mailto:ardiruzz415@gmail.com)

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong inovasi dalam sistem monitoring berbasis jaringan, khususnya untuk kebutuhan pengawasan aktivitas pekerja lapangan secara real-time. Penelitian ini merancang dan membangun sebuah sistem komunikasi audio-video berbasis ESP32 dan ESP32-CAM yang mampu menampilkan kondisi lingkungan kerja secara langsung melalui jaringan Wi-Fi. ESP32-CAM digunakan sebagai modul utama untuk akuisisi dan streaming video, sementara modul ESP32 tambahan digunakan sebagai pengendali dan pengelola komunikasi audio serta integrasi antar perangkat. Sistem ini dirancang untuk menghadirkan kualitas video yang stabil dengan latensi rendah, sekaligus tetap mempertahankan konsumsi daya yang efisien sehingga dapat diterapkan pada area kerja yang membutuhkan mobilitas tinggi. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak berbasis protokol komunikasi HTTP dan WebSocket, serta implementasi antarmuka monitoring berbasis web yang dapat diakses melalui perangkat mobile ataupun komputer. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kualitas streaming, jangkauan Wi-Fi, konsumsi daya, serta keandalan transmisi audio dan video pada berbagai kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan streaming video dengan resolusi hingga 720p dan mempertahankan kestabilan komunikasi audio-video dalam radius jangkauan Wi-Fi yang optimal. Sistem komunikasi audio-video yang dikembangkan terbukti efektif sebagai solusi monitoring lapangan yang ekonomis, portabel, dan mudah diimplementasikan. Dengan demikian, rancangan ini berpotensi menjadi platform dasar untuk sistem pengawasan cerdas di berbagai bidang seperti konstruksi, perkebunan, keamanan, serta pemeliharaan infrastruktur.

Kata Kunci : ESP32-CAM, *Internet of Things*, *Streaming Audio-Video*, Monitoring, Sistem Keamanan.

*The development of Internet of Things (IoT) technology has driven innovation in network-based monitoring systems, particularly for real-time supervision of field workers. This research focuses on designing and developing an audio-video communication system based on the ESP32 and ESP32-CAM platforms to provide real-time monitoring of workplace activities via a Wi-Fi network. The ESP32-CAM serves as the primary module for video acquisition and streaming, while an additional ESP32 module functions as the controller for audio communication and overall device integration. The system is designed to deliver stable video quality with low latency while maintaining efficient power consumption, making it suitable for field environments that require high mobility. The study includes hardware design, firmware development using HTTP and WebSocket communication protocols, and the implementation of a web-based monitoring interface*



Copyright © [JITET](http://www.jitet.com) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

*accessible through mobile devices and computers. A series of tests were conducted to evaluate streaming quality, Wi-Fi range, power consumption, and the reliability of audio-video transmission under various environmental conditions. The results show that the system is capable of streaming video at resolutions up to 720p and maintaining stable audio-video communication within an optimal Wi-Fi coverage radius. The proposed audio-video communication system demonstrates effectiveness as a low-cost, portable, and easy-to-deploy monitoring solution. Therefore, the design presented in this research has strong potential as a foundational platform for intelligent surveillance systems in various sectors, including construction, agriculture, security, and infrastructure maintenance.*

*Keywords : ESP32-CAM, Internet of Things, Audio-Video Streaming, Monitoring, Security System.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai sektor industri, termasuk sektor konstruksi. Dalam lingkungan kerja konstruksi, aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan prioritas utama karena pekerja sering menghadapi risiko tinggi akibat aktivitas di area terbuka, bekerja pada ketinggian, paparan cuaca ekstrem, lingkungan kerja yang dinamis, serta penggunaan alat berat. Tingginya potensi kecelakaan kerja menuntut adanya sistem pemantauan yang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga preventif dan berbasis teknologi [1]. Oleh karena itu, pemantauan aktivitas pekerja secara real-time menjadi kebutuhan mendesak untuk mengurangi potensi kecelakaan serta meningkatkan efektivitas pengawasan.

Sistem pemantauan tradisional yang masih mengandalkan laporan manual, komunikasi radio konvensional, atau pengawasan langsung memiliki berbagai keterbatasan, seperti terbatasnya jangkauan pengawas, keterlambatan informasi, kurangnya dokumentasi visual yang akurat, serta sulitnya melakukan verifikasi kondisi lapangan secara objektif. Selain itu, komunikasi satu arah tanpa dukungan data visual sering kali menimbulkan kesalahpahaman instruksi di lapangan [2]. Seiring dengan perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), sistem komunikasi berbasis perangkat pintar (smart device) mulai dikembangkan untuk menghadirkan integrasi antara monitoring visual, audio, dan transmisi data secara simultan melalui jaringan nirkabel.

Pemanfaatan modul ESP32 dan ESP32-CAM menjadi solusi yang relevan dalam pengembangan sistem komunikasi aktivitas pekerja lapangan. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi dengan konektivitas WiFi dan Bluetooth terintegrasi, kemampuan pemrosesan yang memadai, serta efisiensi konsumsi daya, sehingga cocok digunakan dalam perangkat wearable [3]. Dukungan protokol I2S (Inter-IC Sound) memungkinkan ESP32 mengolah sinyal audio digital dari mikrofon seperti INMP441, serta mengeluarkan audio melalui modul amplifier seperti MAX98357A [4]. Dengan demikian, sistem dapat mendukung komunikasi dua arah (two-way communication) antara pekerja dan pengawas secara langsung melalui jaringan internet atau jaringan lokal proyek.

Sementara itu, ESP32-CAM dilengkapi kamera OV2640 yang mampu melakukan pengambilan gambar dan streaming video dengan resolusi yang cukup untuk kebutuhan monitoring lapangan. Integrasi kemampuan video streaming berbasis HTTP atau RTSP memungkinkan pengawas memantau kondisi pekerja secara real-time melalui smartphone, tablet, atau komputer. Kombinasi audio dan video ini menghadirkan sistem komunikasi yang lebih komprehensif dibandingkan radio komunikasi konvensional, karena pengawas dapat melihat situasi aktual sekaligus memberikan instruksi secara langsung berdasarkan kondisi visual yang diterima [5].

Sistem komunikasi berbasis ESP32-CAM dapat dikembangkan dengan fitur tambahan seperti perekaman otomatis saat

terdeteksi gerakan, penyimpanan data ke server atau cloud, penggunaan protokol MQTT untuk komunikasi data ringan, serta integrasi dengan sensor tambahan seperti sensor gas, sensor suhu, dan modul GPS untuk pelacakan lokasi pekerja [6]. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat komunikasi, tetapi juga sebagai perangkat pendukung keselamatan berbasis data (data-driven safety system). Informasi yang dikirimkan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola risiko, mengevaluasi kepatuhan terhadap prosedur K3, serta mendukung audit keselamatan proyek.

Integrasi kedua modul ini dalam satu perangkat wearable memungkinkan penciptaan sistem monitoring lapangan yang komprehensif, yaitu pemantauan visual dan audio secara bersamaan. Penggunaan perangkat audio-video portable sebagai alat monitoring memungkinkan mandor atau pengawas proyek untuk mengamati kondisi pekerja secara langsung melalui jaringan nirkabel. Dengan demikian, proses pengawasan menjadi lebih efektif, cepat, dan akurat.

Implementasi perangkat wearable berbasis ESP32 dan ESP32-CAM juga mendukung konsep smart construction dan digitalisasi proyek konstruksi [7]. Perangkat ini dapat dipasang pada helm keselamatan (smart helmet) atau rompi kerja, sehingga tidak mengganggu mobilitas pekerja. Desain yang ringkas dan konsumsi daya rendah memungkinkan penggunaan baterai isi ulang dengan durasi operasional yang cukup untuk satu shift kerja. Selain itu, sistem dapat dirancang menggunakan enkripsi data untuk menjaga keamanan informasi yang ditransmisikan melalui jaringan nirkabel.

Dengan demikian, penelitian ini mengusulkan perancangan dan pembangunan sistem komunikasi aktivitas pekerja lapangan berbasis ESP32 dan ESP32-CAM dalam bentuk perangkat wearable audio-video. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pengawasan, mempercepat respons terhadap kondisi darurat, memperkuat dokumentasi digital aktivitas konstruksi, serta mendukung penerapan standar K3 berbasis teknologi. Pengembangan sistem ini menjadi langkah strategis menuju transformasi digital dalam manajemen keselamatan kerja di sektor konstruksi.

### 1. *Rumusan Masalah*

Berdasarkan latar belakang tersebut, dirumuskan beberapa masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini, antara lain:

- Bagaimana merancang perangkat wearable yang mampu mengintegrasikan sistem komunikasi audio dan video secara real-time menggunakan modul ESP32-CAM?
- Bagaimana proses akuisisi dan pemrosesan audio digital menggunakan mikrofon INMP441 dan amplifier MAX98357A?
- Bagaimana mengimplementasikan sistem streaming video menggunakan ESP32-CAM yang dapat diakses melalui perangkat mobile?
- Bagaimana menguji performa sistem dalam hal kualitas audio, kualitas video, stabilitas koneksi, serta konsumsi daya pada lingkungan lapangan?
- Bagaimana mengintegrasikan dan mengolah data sensor keamanan (sensor tekanan udara) untuk mendukung fungsi monitoring dan meningkatkan respons sistem terhadap potensi ancaman?

### 2. *Batasan Masalah*

Untuk menjaga fokus penelitian, batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

- Sistem hanya mencakup fungsi perekaman dan pengiriman data audio-video secara real-time melalui WiFi.
- Pengujian dilakukan pada jarak koneksi WiFi yang terbatas sesuai kemampuan modul ESP32.
- Sistem tidak mencakup penyimpanan data jangka panjang seperti cloud storage.
- Perangkat diuji dalam kondisi lapangan sederhana dan tidak pada proyek konstruksi berskala besar.
- Penggunaan perangkat dilakukan secara portable (wearable), tetapi tidak mencakup desain ergonomis helm secara mendalam.

### 3. *Tujuan Penelitian*

Tujuan dari penelitian ini meliputi:

- Merancang dan membangun perangkat wearable yang mampu mengintegrasikan sistem komunikasi audio dan video secara real-time berbasis modul ESP32-CAM.
- Mengimplementasikan proses akuisisi serta pemrosesan audio digital menggunakan mikrofon INMP441 dan

amplifier MAX98357A untuk mendukung komunikasi dua arah.

- c. Mengembangkan sistem streaming video berbasis ESP32-CAM yang dapat diakses melalui perangkat mobile melalui jaringan Wi-Fi.
- d. Menganalisis performa sistem dalam hal kualitas audio, kualitas video, stabilitas koneksi Wi-Fi, dan konsumsi daya ketika digunakan pada lingkungan lapangan.
- e. Mengintegrasikan sensor keamanan (sensor tekanan udara) untuk menghasilkan data pendeteksian aktivitas sebagai fitur tambahan dalam proses monitoring.
- f. Menghasilkan prototipe sistem komunikasi audio–video berbasis IoT yang dapat digunakan sebagai pendukung keamanan dan pengawasan aktivitas pekerja lapangan.

#### 4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan beberapa manfaat, antara lain:

- a. Memberikan solusi monitoring pekerja yang lebih efektif dan efisien melalui perangkat audio-video portable.
- b. Meningkatkan aspek keselamatan kerja (K3) melalui pengawasan jarak jauh secara real-time.
- c. Menjadi referensi pengembangan sistem IoT berbasis audio-video untuk aplikasi industri.
- d. Menjadi dasar pengembangan perangkat wearable yang lebih canggih untuk sektor konstruksi dan industri lainnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

ESP32-CAM adalah mikrokontroler populer dengan Wi-Fi terintegrasi yang banyak digunakan dalam aplikasi IoT karena fleksibilitas dan daya komputasinya [8]. Modul ESP32-CAM, yang dilengkapi kamera (biasanya OV2640), memungkinkan pengambilan gambar atau video dan pengiriman data melalui jaringan Wi-Fi, menjadikannya pilihan ideal untuk sistem pemantauan berbasis IoT [9].

Dalam penelitian A Benchmark Reference for ESP32-CAM Module, dianalisis kinerja ESP32-CAM dalam berbagai kondisi daya dan resolusi, termasuk frame rate,

temperatur internal chip, dan stabilitas transmisi melalui HTTP [10].



Gambar 2. 1 ESP32-Cam

Analisis semacam ini penting sebagai dasar teknis untuk merancang sistem video-monitoring yang andal, terutama untuk memastikan bahwa modul dapat bekerja terus menerus dalam kondisi lapangan [11].

Banyak penelitian telah menggunakan ESP32-CAM untuk aplikasi pengawasan dan pemantauan. Misalnya, dalam *Sistem Pemantauan Gudang Berbasis ESP32-CAM*, peneliti menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan dan sensor suara (KY-038) untuk mendeteksi suara mencurigakan. Data visual dikirimkan dan diproses menggunakan server berbasis Flask dengan model deteksi objek YOLOv8 dan notifikasi dikirim melalui bot Telegram [12]. Contoh lain, pada *Prototype Sistem Kamera menggunakan ESP32 (OV2640) yang Terintegrasi Firebase*, sistem menangkap gambar ketika ada pergerakan, lalu menyimpan gambar ke Firebase agar dapat diakses dari jarak jauh [13].

Studi-studi ini menunjukkan bahwa ESP32-CAM tidak hanya mampu streaming video, tetapi juga dapat dikombinasikan dengan sensor (seperti PIR) dan backend untuk analisis atau notifikasi, relevan untuk rancangan sistem pemantauan pekerja lapangan.

Pengembangan sistem monitoring berbasis ESP32-CAM yang dilengkapi notifikasi real-time juga telah banyak dilakukan. Sebagai contoh, dalam penelitian *Implementasi ESP32-CAM pada Pemantauan Penetasan Telur Ayam*, ESP32-CAM digunakan untuk mengambil gambar ruang penetasan secara berkala, dan notifikasi dikirim melalui Telegram ketika kondisi tertentu terpenuhi [14]. Selain itu, penelitian *Revolutionizing Room*

*Security: Integrating ESP32-CAM for CCTV Connection With Telegram Bot* membahas sistem keamanan ruangan menggunakan ESP32-CAM dan komunikasi melalui Telegram Bot: ketika ada gerakan terdeteksi, sistem segera mengirim notifikasi dan frame video ke pengguna. Implementasi notifikasi ini sangat relevan untuk monitoring aktivitas pekerja di lapangan, karena memungkinkan pemantauan kondisi secara proaktif dan respon instan jika terjadi kejadian tertentu [15].

Pengembangan sistem komunikasi audio-video berbasis ESP32 dan ESP32-CAM memiliki relevansi yang signifikan dalam mendukung kegiatan monitoring aktivitas pekerja lapangan yang umumnya berada pada lingkungan kerja dengan tingkat risiko yang tinggi, seperti proyek konstruksi, pertambangan, industri energi, dan fasilitas publik [16]. Kebutuhan akan sistem pemantauan yang efektif, real-time, dan mudah diimplementasikan menjadi krusial untuk memastikan penerapan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja (K3), pengawasan produktivitas, serta mitigasi potensi kecelakaan. Implementasi ESP32-CAM sebagai perangkat pengambil dan pemroses citra visual memungkinkan dilakukannya *video streaming* secara langsung melalui jaringan nirkabel, sehingga pengawas dapat melakukan pemantauan dari lokasi terpadu tanpa harus berada di area kerja secara fisik [17]. Hal ini mendukung mekanisme *remote supervision* yang efisien dan adaptif terhadap kondisi geografis yang sulit dijangkau.

Selain itu, integrasi ESP32 dengan sensor audio atau modul mikrofon memungkinkan komunikasi suara dan deteksi aktivitas akustik seperti percakapan, peringatan verbal, atau indikasi situasi darurat [18]. Sistem ini dapat dikembangkan menjadi platform monitoring berbasis Internet of Things (IoT) dengan kemampuan pengiriman notifikasi otomatis ke perangkat mobile atau dashboard pengawasan ketika sistem mendeteksi aktivitas tertentu, pelanggaran prosedur, atau potensi bahaya [19]. Dengan biaya implementasi yang relatif rendah dan fleksibilitas modulasi sistem, teknologi berbasis ESP32 dan ESP32-CAM memberikan solusi yang efektif, ekonomis, dan skalabel dalam mendukung monitoring aktivitas pekerja lapangan secara komprehensif.

Demi menunjang perancangan alat sistem komunikasi aktivitas pekerja lapangan maka dibutuhkan banyak komponen pendukung. Komponen-komponen ini tidak hanya mendukung proses kerja sensor utama, tetapi juga memberikan umpan balik visual dan kontrol manual kepada pengguna. Komponen yang digunakan adalah :

#### a. ESP32 Dev Board

ESP32 Dev Board adalah papan pengembangan berbasis mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi modul WiFi dan Bluetooth bawaan, serta dilengkapi port USB untuk pemrograman langsung tanpa alat tambahan. Board ini dirancang khusus untuk keperluan prototyping dan pengembangan proyek IoT, otomasi, sensor, dan komunikasi nirkabel. ESP32 Dev Board memiliki dual-core processor, GPIO yang banyak, mendukung komunikasi I2C, SPI, UART, PWM, ADC, dan I2S sehingga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pengambilan data sensor, kontrol perangkat, hingga sistem audio digital. Keunggulan lainnya adalah konsumsi daya rendah, kemampuan konektivitas tinggi, dan kompatibilitas dengan Arduino IDE, MicroPython, maupun PlatformIO sehingga mudah digunakan oleh pemula maupun pengembang profesional. Board ini berfungsi sebagai mikrokontroler utama (main controller) dalam sistem, yang mengendalikan, memproses data, dan menjadi pusat komunikasi antar modul seperti kamera, mikrofon digital, amplifier audio, maupun sensor lainnya.

#### b. ESP-Cam

ESP-CAM adalah modul kamera berbasis mikrokontroler ESP yang dilengkapi dengan konektor kamera dan kemampuan komunikasi WiFi serta Bluetooth. Modul ini dirancang khusus untuk aplikasi pengolahan gambar dan pemantauan visual seperti kamera IoT, video streaming, face detection, dan sistem keamanan [20]. ESP-CAM biasanya menggunakan kamera tipe OV2640 dan dapat dikendalikan melalui mikrokontroler lain seperti ESP32, menggunakan komunikasi serial (UART) atau WiFi. Modul ini tidak memiliki port USB bawaan sehingga memerlukan modul FTDI atau mikrokontroler eksternal untuk pemrograman[21].

c. Saklar / Switch



Gambar 2. 2 Switch

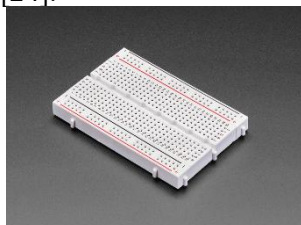
Saklar dan switch merujuk pada komponen yang sama dalam sistem kelistrikan. Saklar adalah istilah dalam bahasa Indonesia, sedangkan switch adalah istilah dalam bahasa Inggris. Keduanya berfungsi untuk mengendalikan aliran listrik ke perangkat atau lampu, dengan memutuskan dan menyambungkan arus listrik. Saklar memiliki berbagai jenis dan desain yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna [22].

d. LED Indikator

LED (Light Emitting Diode) merupakan salah satu komponen elektronik yang digunakan dalam sistem mikrokontroler sebagai penanda atau indikator [23].

e. Breadboard dan Kabel Jumper

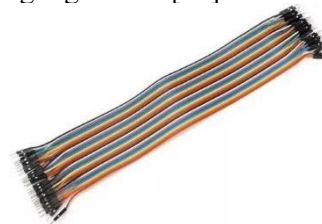
Breadboard adalah papan percobaan yang digunakan untuk merakit rangkaian elektronik secara sementara tanpa proses penyolderan. Breadboard mempermudah pengembangan dan pengujian awal sistem karena komponen dapat dilepas-pasang dengan cepat. Dalam pembuatan sistem komunikasi aktivitas pekerja lapangan, breadboard berfungsi sebagai tempat penyusunan rangkaian [24].



Gambar 2. 3 Breadboard

Selain itu, kabel jumper digunakan untuk menghubungkan komponen satu sama lain ke mikrokontroler pada breadboard. Kabel jumper tersedia dalam berbagai tipe seperti

male-to-male, male-to-female, dan female-to-female, disesuaikan dengan jenis konektor pada komponen yang digunakan [25].



Gambar 2. 4 Kabel Jumper

f. Catu Daya (Power Supply)

Dengan mikrokontroler Arduino kita pastinya membutuhkan tegangan suplai yang stabil sebesar 5V hingga 9V agar komponen-komponen yang digunakan mampu bekerja dengan baik. Ketidakstabilan tegangan dapat menyebabkan pembacaan sensor menjadi tidak akurat atau bahkan menggagalkan sistem kerja komponen [26]. Adapun beberapa jenis catu daya yang umum digunakan untuk Arduino :

- Port USB (5V) langsung dari laptop atau power bank.
- Adaptor dc (9V/1A) melalui jack Dc Arduino.
- Baterai 9V atau baterai isi ulang dengan rangkaian pengatur tegangan.[31]

g. INMP441 (I2S Digital Microphone)



Gambar 2. 5 INMP441

INMP441 adalah mikrofon digital yang menggunakan antarmuka I2S untuk menghasilkan data suara dalam bentuk digital langsung, tanpa membutuhkan ADC tambahan. Mikrofon ini memiliki sensitivitas tinggi dan noise rendah, sehingga cocok digunakan untuk perekaman suara, voice recognition, dan aplikasi IoT berbasis audio. Dapat langsung dihubungkan ke ESP32 atau mikrokontroler lain yang mendukung I2S [27].

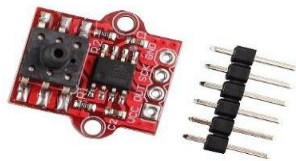
h. MAX98357A (I2S Audio Amplifier / DAC)



Gambar 2. 9 MAX98357A

MAX98357A adalah modul penguat suara (amplifier) sekaligus DAC (Digital to Analog Converter) berbasis I2S yang dapat menerima sinyal audio digital langsung dari mikrokontroler seperti ESP32. Modul ini mengubah sinyal digital menjadi audio analog dan memperkuatnya sehingga dapat menggerakkan speaker 3W/8Ω tanpa rangkaian tambahan [28]. Digunakan dalam audio streaming, smart speaker, atau sistem pengumuman berbasis IoT.

i. HX710b



Gambar 2. 6 HX170b

HX710B adalah sebuah modul 24-bit ADC (Analog to Digital Converter) yang umumnya digunakan untuk membaca sinyal dari sensor berat / load cell dengan tingkat akurasi tinggi. Modul ini sering dipakai pada timbangan digital, sistem ukur massa, dan aplikasi IoT yang membutuhkan deteksi perubahan berat secara presisi [29].

2.1.1 Speaker 3W / 8Ω



Gambar 2. 7 Speaker 3W/8Ω

Speaker 3W 8Ω adalah perangkat transduser yang mengubah sinyal listrik analog dari amplifier menjadi suara. Dengan impedansi 8 ohm dan daya maksimal 3 Watt, speaker ini cocok digunakan untuk output audio berbasis

mikrokontroler, seperti sistem pengumuman, audio streamer, voice feedback, atau alarm suara dalam perangkat IoT [30].

Dalam penelitian ini penulis mengambil 5 data dari penelitian terdahulu. Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, telah ditemukan beberapa karya ilmiah yang membahas implementasi ESP32-CAM dalam sistem monitoring dan keamanan. Penelitian oleh Hollanda Arief Kusuma, Setia Budi Wijaya, dan Deny Nusyirwan (2023) mengembangkan *Sistem Keamanan Rumah Berbasis ESP32-CAM dan Telegram Sebagai Notifikasi*. Penelitian ini menekankan pada kemudahan pengguna dalam menerima peringatan visual melalui aplikasi Telegram secara real-time.

Selanjutnya, Lawrence Adi Supriyono (2023) melakukan penelitian berjudul *Revolutionizing Room Security: Integrating ESP32-CAM for CCTV Connection with Telegram Bot*. Penelitian ini memberikan kontribusi pada integrasi ESP32-CAM dengan bot Telegram untuk membangun sistem CCTV berbasis Internet yang dapat mengirim video atau gambar secara langsung kepada pengguna.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Sahri Dian Suandi, Titi Andriani, Lalu Suryadi, Mahmud Husyairi, dan Dahman (2023) dengan judul *Implementation of ESP32-CAM in Monitoring Chicken Egg Hatching Based on Telegram Notifications*. Melalui studi ini, ESP32-CAM digunakan untuk mengawasi proses penetasan telur ayam, sekaligus mengirimkan informasi kondisi inkubasi menggunakan Telegram.

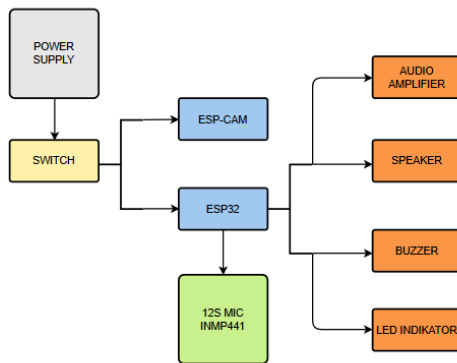
Kemudian, Luthfi Cakrayuda, Mochamad Richard Arhieadhe, dan Ahmadinejad Sulaiman Putra (2025) mengembangkan sistem keamanan cerdas berjudul *Sicemot: Sistem Keamanan Cerdas Berbasis ESP32-CAM, Sensor Gerak, dan Notifikasi Telegram*. Penelitian ini menggabungkan modul ESP32-CAM dengan sensor gerak untuk deteksi aktivitas dan notifikasi otomatis kepada pengguna.

Terakhir, penelitian oleh Bayu Unggul Sejati dan Hengky Triyo (2025) memperkenalkan *Sistem Pemantauan Gudang Berbasis ESP32-CAM untuk Deteksi Gerakan dan Keberadaan Objek*. Penelitian ini menerapkan ESP32-CAM untuk pengawasan gudang dengan kemampuan mendeteksi

gerakan sekaligus keberadaan objek menggunakan jaringan IoT.

### 3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, perancangan sistem bertujuan untuk membangun perangkat wearable komunikasi audio-video secara real-time menggunakan modul ESP32 dan ESP32-CAM. Perangkat ini dirancang untuk mendukung proses monitoring aktivitas pekerja lapangan melalui pengiriman data visual dan suara menggunakan jaringan nirkabel (WiFi). Namun, sistem tidak akan berjalan secara optimal tanpa adanya komponen pendukung lainnya yang berfungsi sebagai sensor, modul pemrosesan, serta perangkat output audio.



Gambar 3. 1 Diagram blok sistem Helm Keamanan

Dari diagram blok tersebut diketahui bahwa terdapat beberapa komponen utama yang mendukung berjalannya sistem wearable audio-video. Diagram blok tersebut menggambarkan alur kerja perangkat komunikasi dan monitoring berbasis ESP32 dan ESP32-CAM. Sistem ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

#### 1. Sumber (Power Supply)

- Berfungsi sebagai catu daya utama sistem.
- Menyediakan tegangan untuk ESP32, ESP32-CAM, modul mikrofon INMP441, serta modul audio amplifier MAX98357A.
- Tegangan dari baterai akan didistribusikan ke seluruh komponen melalui jalur power.

#### 2. Proses (ESP32 sebagai pusat kendali)

ESP32 berfungsi sebagai otak sistem dengan peran sebagai berikut:

#### a. Pemrosesan Audio

- Mengambil data suara dari mikrofon I2S (INMP441).
- Melakukan pengolahan data audio jika diperlukan (filtering, encoding).
- Mengirimkan output audio ke audio amplifier MAX98357A untuk diteruskan ke speaker.

#### b. Pemrosesan Video

- Berkomunikasi dengan modul ESP32-CAM untuk pengambilan gambar/video.
- Mengatur pengiriman streaming video secara real-time melalui jaringan WiFi.

#### c. Input Pengguna

Menerima sinyal dari push button untuk fungsi tertentu, pada project ini digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem,

#### d. Komunikasi Nirkabel

- Transmisi Data: Mengirimkan paket data audio-video dan status sistem ke perangkat *monitoring* (HP atau Server) melalui WiFi.
- Penerimaan Data: Menerima perintah atau audio balasan dari perangkat *monitoring* jika sistem mendukung komunikasi dua arah.

### 3. Hasil (Output)

Audio Amplifier (Max98357a) & Speakermax98357a menerima sinyal audio digital dari ESP32 (I2S) dan berfungsi sebagai Audio Amplifier Digital, memperkuat sinyal tersebut untuk menggerakkan SPEAKER. Hasilnya adalah keluaran suara komunikasi yang jelas di dalam helm [33].

ESP32-cam fungsi sebagai Output Visual (kamera) dengan mengambil video dan gambar yang kemudian ditransmisikan oleh ESP32 melalui wifi [34].

Buzzer berfungsi sebagai Output Notifikasi Suara sederhana, menghasilkan bunyi *beep* untuk memberikan peringatan cepat ketika terdapat tanda bahaya dari sensor tekanan udara. [35].

LED indikator berfungsi sebagai Output Notifikasi Visual, menggunakan pola kedipan atau warna merah untuk menunjukkan status sistem secara *real-time* ketika terdapat kondisi bahaya di lapangan (*output* sensor tekanan bahaya)

**OUTPUT STREAMING** (HP/Monitoring Station) merupakan *endpoint* atau tujuan akhir dari data. Berfungsi menampilkan video *real-time* dan menerima audio jika sistem dua arah, digunakan oleh operator untuk memonitor pekerja lapangan [36].



Gambar 3. 2 Skema Sistem Mandor

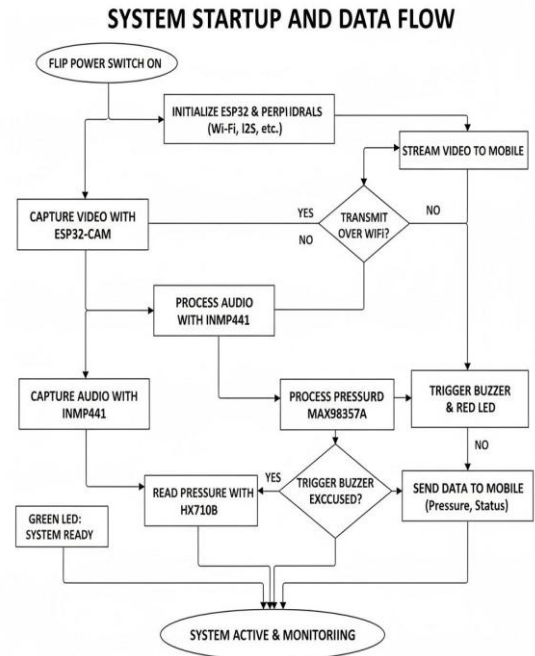
Gambar 3. 3 Skema Sistem Pekerja

Dalam sistem ini, ESP32-S3 berperan sebagai unit pemrosesan utama yang mengatur komunikasi antar modul, termasuk integrasi dengan mikrofon digital INMP441 sebagai sumber audio. Data audio yang diterima diproses melalui pipeline perangkat lunak yang meliputi inisialisasi protokol I2S, pengambilan sampel suara, filtering digital, serta persiapan data sebelum dikirimkan. Output audio direalisasikan melalui modul amplifier digital MAX98357A yang menerima sinyal I2S dari ESP32-S3 dan mengalirkannya ke speaker.

Sementara itu, ESP32-CAM digunakan sebagai sumber video. Perangkat lunak pada modul tersebut menangani proses inisialisasi kamera, kompresi frame, serta pengiriman data melalui jaringan WiFi. ESP32-S3 kemudian mengoordinasikan sinkronisasi data audio-video agar dapat ditransmisikan secara bersamaan dan stabil.

Gabungan antara pemrosesan sinyal, protokol komunikasi, serta logika kerja program pada kedua modul ESP32 inilah yang memastikan sistem mampu melakukan perekaman dan transmisi audio-video secara real-time. Perancangan software yang tepat memungkinkan perangkat wearable ini mendukung proses monitoring pekerja lapangan secara efektif, responsif, dan dapat

diandalkan dalam kondisi operasional di berbagai lingkungan kerja.



Gambar 3. 4 Flowchart Sistem

Keterangan:

1. Wiring Mikrofon INMP441 ke ESP32 (I2S Input)

INMP441 adalah mikrofon digital I2S, sehingga memiliki pin:

Tabel 3. 1 Sambungan Wiring Mikrofon

PIN INMP441	Fungsi	Disambungkan ke ESP32
VCC	Tegangan 3.3V	3.3V ESP32
GND	Ground	GND ESP32
SCK / BCLK	Bit Clock	GPIO 5 (I2S BCLK)
WS / L/R CLK	Word Select	GPIO 4 (I2S LRCLK)
SD	Serial Data Output (audio)	GPIO 6 (I2S DATA IN)
L/R	Channel select	GND → MODE LEFT

Cara kerja:

INMP441 mengirim data audio digital ke ESP32 via protokol I2S.

2. Wiring MAX98357A ke ESP32 (I2S Output) + Speaker

MAX98357A adalah amplifier digital I2S → analog untuk speaker.

Tabel 3. 2 Sambungan Wiring Amplifier

PIN MAX98357A	Fungsi	Disambungkan ke ESP32
VIN	Tegangan input 5V	5V dari baterai (atau VIN ESP32)
GND	Ground	GND ESP32 & GND Baterai
LRC	Audio LR clock	GPIO 45
BCLK	Bit clock	GPIO 48
DIN	Data audio	GPIO 47
SD / EN	Enable	GND

Ke Speaker:

MAX98357A Speaker

SPK+ Terminal speaker +

SPK- Terminal speaker -

3. Wiring Input Sensor Tekanan HX710B (Tambahan)

Tabel 3. 3 Sambungan Wiring Sensor Tekanan

PIN HX710B	Fungsi	Disambungkan ke ESP32
VCC	Tegangan	5V atau 3.3V
GND	Ground	GND ESP32
DT	Data Serial Output	GPIO 2
SCK	Serial Clock Input	GPIO 1

4. Wiring Output Notifikasi (Buzzer & LED)

Tabel 3. 4 Sambungan Wiring Buzzer & LED

Output	PIN	Fungsi	Disambungkan ke ESP32
Buzzer	VCC (+)	Catu Daya	GPIO 8

Output	PIN	Fungsi	Disambungkan ke ESP32
	GND (-)	Ground	GND
LED Indikator	Anoda (+)	Catu Daya	GPIO 9
	Katoda (-)	Ground	GND

Cara kerja Buzzer & LED: ESP32 mengatur status HIGH/LOW pada pin GPIO yang terhubung ke pin Ground (atau pin signal) komponen tersebut untuk mengaktifkan/mematikan output.

5. Wiring ESP32-CAM ke ESP32 / Sumber daya

Pada gambar, ESP32-CAM tidak tersambung data ke ESP32, hanya sekadar:

PIN ESP32-CAM Ke Mana

5V Dari baterai 5V

GND GND bersama ESP32

Biasanya ESP32-CAM digunakan terpisah sebagai kamera streaming WiFi.

Catatan penting:

ESP32-CAM tidak boleh diberi daya 3.3V saja, harus 5V untuk stabil.

6. Wiring ESP32 ke Baterai

Baterai 4×AAA = 4.8V → cocok untuk VIN ESP32.

Baterai

Positif (+) VIN ESP32 + VIN MAX98357A + VIN ESP32-CAM

Negatif (-) GND semua modul

Semua GND harus tersambung untuk satu referensi tegangan.

7. Diagram Wiring Ringkas (Tabel Komplit)

a. ESP32 – INMP441

Tabel 3. 5 Wiring ESP32-INMP441

ESP32 Pin	INMP441
3.3V	VCC
GND	GND
GPIO 5	SCK / BCLK
GPIO 6	WS / L/RCLK
GPIO 4	SD
GND	L/R

b. ESP32 – MAX98357A

Tabel 3. 6 Wiring ESP32 – MAX98357A

ESP32 Pin	MAX98357A
VIN (5V)	VIN
GND	GND
GPIO 45	LRC
GPIO 48	BCLK
GPIO 47	DIN
3.3V	SD/EN (opsional)

c. MAX98357A – SPEAKER

MAX98357A	SPEAKER
SPK+	Terminal +
SPK-	Terminal -

d. ESP32-CAM

ESP32-CAM	Ke Mana
5V	Baterai 5V
GND	Baterai GND

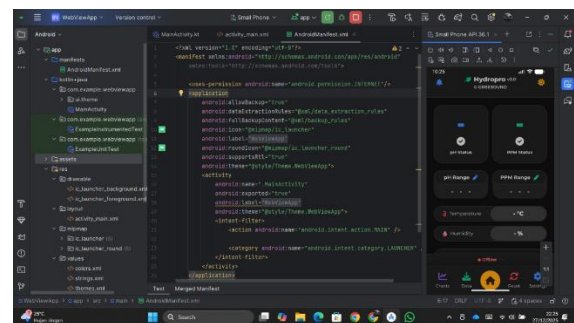
8. Alur Kerja Pin (Ringkasan)

- 1) Mikrofon INMP441 → input suara dan kirim audio digital (I2S Input) → ESP32.
- 2) Sensor Tekanan Udara HX710B → kirim data tekanan digital (Serial Data Input) → ESP32.
- 3) ESP32 → mengolah audio, memproses data tekanan, dan mengendalikan output lainnya.
- 4) ESP32 → kirim audio digital (I2S Output) → MAX98357A.
- 5) MAX98357A → ubah digital ke analog → keluar di Speaker.
- 6) ESP32-CAM → streaming video → WiFi → HP mandor.
- 7) ESP32 → kirim sinyal kontrol ON/OFF → BUZZER dan LED Indikator.

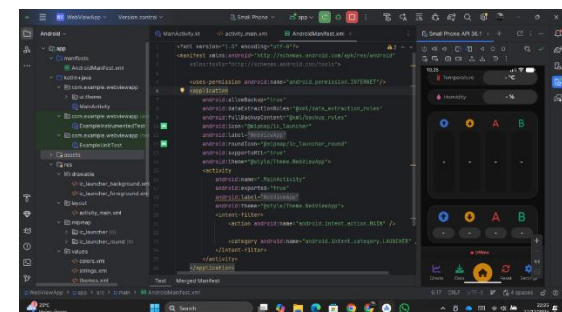
Selanjutnya pada tahap perancangan perangkat lunak, pengembangan sistem tidak hanya difokuskan pada pemrograman mikrokontroler ESP32 dan ESP32-CAM, tetapi juga pada perancangan antarmuka berbasis website sebagai media monitoring dan komunikasi antara perangkat wearable dengan pengguna. Website berfungsi sebagai pusat kendali (monitoring dashboard) yang menampilkan data secara real-time berupa informasi visual, audio, maupun parameter sensor yang dikirimkan oleh perangkat di lapangan melalui jaringan internet.

Perancangan antarmuka website dilakukan dengan mempertimbangkan aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan (usability), serta efisiensi penyajian informasi. Tampilan dirancang secara responsif agar dapat diakses melalui berbagai perangkat, seperti komputer maupun telepon pintar. Selain itu, struktur navigasi dibuat sistematis untuk memudahkan pengawas proyek dalam memantau kondisi pekerja, melihat status koneksi perangkat, serta mengakses fitur komunikasi yang tersedia.

Secara sistem, website ini berperan sebagai bagian dari arsitektur IoT yang mengintegrasikan perangkat keras di lapangan dengan pengguna akhir melalui jaringan nirkabel. Data yang diterima dari ESP32 dan ESP32-CAM diproses dan ditampilkan dalam bentuk dashboard interaktif sehingga memungkinkan proses pengawasan dilakukan secara lebih efektif, cepat, dan akurat. Adapun rancangan tampilan antarmuka website yang telah dikembangkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. 5 Desain Website



Gambar 3. 6 Desain Website

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Audio (Speaker 3W / 8Ω)**

Dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui Tingkat fungsionalitas dari speaker, berikut merupakan data yang peneliti peroleh dari pengujian :

**Tabel 4 data pengujian modul speaker**

No	Scenari o pengujian	Paramet er yang diukur	Hasil penguk uran	Kriteria lulus	Status (lulus/tidak)	Catatan
1	Verivikasi koneksi I2S	Sample rate (Hz) – bit depth	Sample rate: 44100 Hz Bit depth : 16 bit	Sample rate dan bit depth sesuai konfigurasi	Lulus	Terindikasi sedikit jitter pada sinyal akibat kualitas modul clock kurang stabil
2	Rekam sinyal uji	Playbac k clarity (audio terdengar jelas)	Yes	Play back terdengar jelas	Lulus	Audio terdengar jelas
3	Pengukuran performa audio	SNR (dB) & THD (%)	SNR : 42 dB THD: 1,8%	SNR ≥ 40 dB THD rendah	Lulus	THD lumayan tinggi dikarenakan kualitas amplifier tidak optimal
4	Pengukuran latency capture → playback	Latency (ms)	185 ms	≤ 200 ms	lulus	Latency mendekati 200 ms dikarenakan buffering

Berdasarkan data pada tabel 4 dapat disimpulkan bahwa komponen speaker telah berfungsi dengan baik walau terdapat minor error yang disebabkan oleh kualitas komponen.

**Pengujian Microphone**

Dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui Tingkat fungsionalitas dari microphone, berikut merupakan data yang peneliti peroleh dari pengujian :

**Tabel 5 data pengujian microphone**

No	Scenari o pengujian	Paramet er yang diukur	Hasil penguk uran	Kriteria lulus	Status (lulus/tidak)	Catatan
1	Verivikasi koneksi I2S	Sample rate (Hz) – bit depth	Sample rate: 44100 Hz Bit depth : 24 bit	Sample rate dan bit depth sesuai konfigurasi	Lulus	Koneksi I2S terdeteksi namun belum bisa dikirim ke ESP32
2	uji mikrofon	Respon sinyal audio	Ya	Mikrofon dapat menangkap suara	Lulus	Respon sudara namun belum bisa

No	Scenari o pengujian	Paramet er yang diukur	Hasil penguk uran	Kriteria lulus	Status (lulus/tidak)	Catatan
3	Pengujian komunikasi ke ESP32 CAM	Pengiriman data audio	Tidak dapat dilakukan	Data audio berhasil dikirim ke ESP32	Tidak Lulus	diproses lebih lanjut Belum tersedia modul untuk transmisi data ke ESP32

Berdasarkan data pengujian pada tabel 5 peneliti menyimpulkan bahwa modul INMP441 berfungsi dengan baik, namun belum bisa digunakan pada alat ini dikarenakan kurangnya modul pendukung untuk transmisi data audio ke ESP32. Oleh karena itu peneliti mengganti transmisi audio dengan gestur tangan oke pada video live sebagai konfirmasi perintah dari mandor.

**Pengujian modul HX710B**

Dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui Tingkat fungsionalitas dari microphone, berikut merupakan data yang peneliti peroleh dari pengujian :

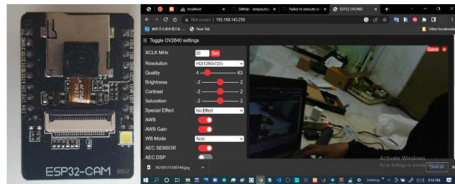
**Tabel 6 data pengujian modul HX710B**

No	Scenari o pengujian	Paramet er yang diukur	Hasil penguk uran	Kriteria lulus	Status (lulus/tidak)	Catatan
1	Verivikasi koneksi ke ESP32 cam	Status komunikasi digital	ya	Modul terdeteksi dan dapat dibaca oleh ESP32 cam	Lulus	Komunikasi berjalan normal dan data ADC dapat diakses
2	Pengujian pembacaan sinyal analog	Nilai ADC	Nilai analog berubah sesuai dengan perubahan tekanan	Nilai ADC berubah saat diberikan tekanan	Lulus	Modul responsive terhadap perubahan sensor tekanan
3	Pengujian kestabilan pembacaan	Fluktuasi data	Fluktuasi 150 digit kurang lebih	Fluktuasi dalam batas wajar	Lulus	Terdapat fluktuasi ringan akibat dari lingkungan yang tidak stabil

Berdasarkan data pada tabel 6 dapat disimpulkan bahwa modul HX710B dapat berfungsi dengan baik sebagai pembaca sinyal analog dari sensor dan mampu menghasilkan data digital dengan baik. Namun, pada implementasi alat yang dirancang, pengukuran tidak dapat dilakukan secara optimal karena tidak terdapat sensor angin sebagai input pada modul HX710B. Hal ini disebabkan oleh kesalahpahaman peneliti dalam memahami fungsi modul, yang menganggap bahwa HX710B dapat melakukan pengukuran secara langsung tanpa memerlukan sensor tambahan.

Sebagai pembanding, pengujian referensi dilakukan menggunakan sensor tekanan, yang menunjukkan bahwa modul HX710B hanya berperan sebagai antarmuka pembaca sinyal, bukan sebagai sensor pengukur.

Pengujian kamera pada ESP32 CAM



Gambar 7 foto esp 32 cam(kiri), foto hasil video esp 32 cam(kanan)

Gambar 7 merupakan foto dari komponen ESP32 CAM dan hasil pengambilan video oleh komponen tersebut, dapat dilihat komponen berfungsi dengan baik.

Pengujian Website



Gambar 8 desain website utama

Gambar 8 merupakan desain website utama dimana pada penelitian ini di pakai 4 sample video. Tiap video tersebut dapat ditekan yang kemudian memunculkan icon speaker dan microphone. Icon speaker berfungsi mendengararkan trasnmisi suara adari microphone pekerja, namun karena pada alat ini microphone belum difungsikan maka fitur ini belum dapat digunakan. Kemudian untuk icon microphone berfungsi memberikan instruksi kepada pekerja.



Gambar 9 desain website saat salah satu kamera ditekan

Gambar 9 menunjukkan tampilan website saat salah satu video ditekan. Fungsi ini memungkinkan karena video tersebut telah diatur sebagai sebagai atribut onclick.



Gambar 10 respon pekerja pada kamera 1

Gambar 10 menunjukkan alternatif konfirmasi perintah oleh pekerja menggunakan gestur tangan.

Pengujian Fungsional Notifikasi dan Kontrol

Tabel 5 Pengujian Fungsional Notifikasi dan Kontrol

No	Komponen	Scenario pengujian	Parameter yang diukur	Hasil actual	Kriteria lulus	Status	Catatan
1	Buzzer	Pemicu saat wifi terputus	Waktu respon (ms) pola bunyi	95 ms	Respon ≤100 ms, pola sesuai	Lulus	Delay kecil karena system
2	Buzzer	Pemicu saat baterai rendah	Waktu respon (ms) pola bunyi	98 ms	Respon ≤100 ms, pola sesuai	Lulus	Respon sedikit lambat karena fluktuasi tegangan baterai
3	LED	Status streaming( LED biru berkedip)	Frekuensi kedipan (Hz) & warna	Kedip normal	LED biru berkedip dengan pola yang ditentukan	Lulus	LED berkedip normal
4	LED	Status error (LED merah menyala/berkedip)	Frekuensi kedipan (Hz) & warna	Kedip normal	LED biru berkedip dengan pola yang ditentukan	Lulus	LED berkedip normal
5	LED	Status error (LED merah menyala/berkedip)	Frekuensi kedipan (Hz) & warna	Kedip normal	LED biru berkedip dengan pola yang ditentukan	Lulus	LED berkedip normal
6	Switch	Uji ON (daya mengalir)	Tegangan Output ke modul (V)	5 V	Daya tersalurkan	Lulus	Daya tersalurkan
7	Switch	Uji OFF (daya Terputus)	Tegangan Output ke	0,08 V	Daya terputus	Lulus	Daya terputus, meski

			modul (V)				pun ada tegangan sisa kecil
--	--	--	-----------	--	--	--	-----------------------------

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tujuan perancangan dan pembangunan perangkat wearable berbasis ESP32-CAM untuk sistem komunikasi dan monitoring telah **sebagian besar tercapai**. Sistem berhasil mengintegrasikan fungsi video secara real-time melalui jaringan Wi-Fi dan dapat diakses melalui perangkat mobile, sehingga aspek streaming video telah berjalan dengan baik sesuai tujuan.

Pada implementasi sistem audio, proses akuisisi menggunakan mikrofon INMP441 dan output melalui amplifier telah berhasil diuji secara parsial. Namun, komunikasi audio dua arah belum dapat direalisasikan secara optimal karena keterbatasan dalam proses transmisi data audio ke ESP32-CAM. Dengan demikian, tujuan terkait sistem komunikasi audio belum sepenuhnya tercapai.

Analisis performa sistem menunjukkan bahwa kualitas video dan fungsi monitoring berjalan dengan baik, sedangkan kualitas audio masih memiliki beberapa keterbatasan seperti noise, distorsi, dan delay. Sistem notifikasi dan kontrol juga bekerja sesuai dengan yang diharapkan, serta koneksi Wi-Fi cukup mendukung operasional sistem, meskipun belum dilakukan pengujian mendalam pada berbagai kondisi lapangan.

Integrasi sensor keamanan menggunakan modul HX710B telah berhasil pada sisi pembacaan data, tetapi belum dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai sistem pendeteksi aktivitas karena tidak didukung oleh sensor yang sesuai. Hal ini menyebabkan tujuan integrasi sensor belum tercapai secara maksimal.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menghasilkan prototipe sistem komunikasi dan monitoring berbasis IoT yang dapat digunakan untuk pengawasan aktivitas pekerja lapangan, khususnya dari sisi visual. Namun, masih diperlukan pengembangan lebih lanjut, terutama pada sistem komunikasi audio dan integrasi sensor, agar seluruh tujuan penelitian dapat terpenuhi secara optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penelitian berlangsung.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada institusi tempat penelitian dilaksanakan atas fasilitas dan kesempatan yang diberikan. Tidak lupa, penulis menyampaikan apresiasi kepada rekan-rekan serta semua pihak yang telah membantu dalam proses pengujian, pengambilan data, dan penyusunan laporan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Muzdalifah, A. M. Sayuti, A. Bisnis, and P. Negeri Bandung, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PESERTA PRAKTIK KERJA LAPANGAN BERBASIS WEB," 2025.
- [2] R. A. Rahman, "Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Pekerjaan Umum dengan Pendekatan Konsep Nilai Hasil," 2016.
- [3] D. Revansa Arya Pradhana, A. Ichsan Pradana, and D. Hartanti, "Implementasi Internet Of Things Pada Sistem Kontrol RC-car Pemantau Area Berbasis Esp32 cam," *J Teknol*, vol. 11, no. 2, pp. 149–159, May 2024, doi: 10.31479/jtek.v11i2.306.
- [4] B. Fandidarma, R. Dwi Laksono, K. Warih, and B. Pamungkas, "Rancang Bangun Mobil Remote Control Pemantau Area berbasis IoT menggunakan ESP 32 Cam," 2021.
- [5] N. Ikhwan, K. Setiawan, ; Bambang, and H. Purwoto, "RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN DENGAN PIR MOTION SENSOR DAN ESP32-CAM BERBASIS IOT."
- [6] F. N. Fajri, H. Bahar, M. Budi, and U. Setiawan, "APLIKASI MONITORING PROGRES PEKERJAAN PROYEK DI BIDANG BINA MARGA DINAS PUPR KABUPATEN PROBOLINGGO BERBASIS WEB." [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it>
- [7] P. Jurnal Kesehatan Masyarakat and I. Hapsari Susilowati, "EFEKTIVITAS KOMUNIKASI KESELAMATAN PADA PEKERJA DI LAPANGAN PRODUKSI MINYAK DAN GAS PT XYZ," vol. 5, no. 2, 2021.

- [8] B. Fandidarma, R. Dwi Laksono, K. Warih, and B. Pamungkas, "Rancang Bangun Mobil Remote Control Pemantau Area berbasis IoT menggunakan ESP 32 Cam," 2021.
- [9] L. Cakrayuda, "SICEMOT: SISTEM KEAMANAN CERDAS BERBASIS ESP32-CAM, SENSOR GERAK, DAN NOTIFIKASI TELEGRAM," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6420.
- [10] L. Cakrayuda, "SICEMOT: SISTEM KEAMANAN CERDAS BERBASIS ESP32-CAM, SENSOR GERAK, DAN NOTIFIKASI TELEGRAM," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6420.
- [11] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 60–66, Feb. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.347.
- [12] Md. M. Rahman Meem, P. S. Chowhan, F. Alam Mim, and Md. T. Ahmed, "Artificially Intelligent Surveillance and Security Sentinel for Technologically Enhanced and Protected Communities," *International Journal of Engineering and Manufacturing*, vol. 14, no. 4, pp. 15–25, Aug. 2024, doi: 10.5815/ijem.2024.04.02.
- [13] R. H. Putra and M. Ihsan, "BERBASIS ESP32-CAM".
- [14] T. Hidayatul Rachmad, "Komunikasi Konsep Bekerja di Era Millennial: Analisis Kritis Perubahan Konsep Lapangan Pekerjaan," *Jurnal Komunikasi Nusantara*, vol. 2, no. 2, pp. 31–43, Nov. 2020, doi: 10.33366/jkn.v2i2.51.
- [15] L. A. Supriyono, "Revolutionizing Room Security: Integrating ESP32-CAM for CCTV Connection With Telegram Bot."
- [16] S. Dian Suandi *et al.*, "Implementasi ESP32-CAM pada Pemantauan Penetasan Telur Ayam Berbasis Notifikasi Telegram Implementation of ESP32-CAM in Monitoring Chicken Egg Hatching Based on Telegram Notifications," 2023. [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- [17] Y. A. Raisnaldi *et al.*, "PROTOTYPE SISTEM KAMERA MENGGUNAKAN EPS32 DENGAN MODUL KAMERA OV2640 YANG BERINTEGRASI FIREBASE," 2024.
- [18] B. U. Sejati and H. Triyo, "Sistem Pemantauan Gudang Berbasis ESP32-Cam untuk Deteksi Gerakan dan Keberadaan Objek," 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- [19] H. A. Kusuma, S. B. Wijaya, and D. Nusyirwan, "SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM DAN TELEGRAM SEBAGAI NOTIFIKASI," *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 8, no. 1, p. 30, Jun. 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.1.2291.
- [20] A. A. Kurniasari, M. F. I. Sudirman, A. M. Ramadan, F. Firmansyah, and N. H. Damayanti, "Face Recognition untuk Smart Door Lock menggunakan Metode Haar-Cascades Classifier dan LBPH," *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 15, no. 2, p. 141, Nov. 2023, doi: 10.28989/angkasa.v15i2.1662.
- [21] M. Sabbatini Zürich, "Hardening IoT Devices: An Analysis of the ESP32 Microcontroller." [Online]. Available: <http://www.csg.uzh.ch/>
- [22] S. T. Nowroz, N. M. Saleh, S. Shakur, S. Banerjee, and F. Amsaad, "A Benchmark Reference for ESP32-CAM Module," May 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2505.24081>
- [23] F. Esparza-Segundo, S.-L. Enríquez-Arcadio, J. C. Gonzalez-Islas, A. Suarez-Navarrete, and Ma. de J. Gutiérrez-Sanchez, "Vigilancia Inteligente basada en ESP32-CAM: Transmisión en Tiempo Real y Alertas mediante Telegram," *Programación Matemática y Software*, vol. 17, no. 2, Jun. 2025, doi: 10.30973/progmat/2025.17.2/6.
- [24] W. S. Putra and A. Setyawan, "ROOM SECURITY SYSTEM DESIGN USING ESP32 CAM WITH FUZZY ALGORITHM," *Mobile and Forensics (MF)*, vol. 3, no. 2, pp. 66–74, 2021, doi: 10.12928/mf.v1i1.5554.
- [25] D. P. D. Selvam *et al.*, "SURVEILLANCE MONITORING USING ESP32-CAM MODULE," 2022. [Online]. Available: [www.ijert.org](http://www.ijert.org)
- [26] B. U. Sejati and H. Triyo, "Sistem Pemantauan Gudang Berbasis ESP32-Cam untuk Deteksi Gerakan dan Keberadaan Objek," 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- [27] Suwarmiyati, "Development Of A Patient Control And Monitor System Using Esp32-Cam And Android," *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 21, no. 1, 2024.
- [28] F. Yusuf, A. Cahyono, N. Suharto, and L. D. Mustafa, "Design and Build a Home Security System based on an ESP32 Cam Microcontroller with Telegram Notification," *Journal of Telecommunication Network*, vol. 12, no. 2, 2022.
- [29] P. D. P. Adi and Y. Wahyu, "Performance evaluation of ESP32 Camera Face Recognition for various projects," *Internet of Things and*

- Artificial Intelligence Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 10–21, Feb. 2022, doi: 10.31763/iota.v2i1.512.
- [30] A. Herwandi, A. A. Ramadhan, N. T. Sunggono, and F. Ferawati, “Analisis Kinerja ESP32-CAM Dalam Mendeteksi Objek,” *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 1014–1021, Apr. 2025, doi: 10.32877/bt.v7i3.2296.
- [31] P. Arri Ape Pane Basabilik Prodi Fisika, J. Fisika, and U. Tanjungpura, “RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU KEDATANGAN TAMU BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT),” vol. 9, no. 2, pp. 110–116, 2021.
- [32] “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING RUANGAN MENGGUNAKAN ESP 32 KAMERA DENGAN GERAKAN 3 AXIS SERVO BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT).”
- [33] A. Ipanhar, T. K. Wijaya, and P. Gunoto, “1) , tonikusuma26@yahoo.co.id 2) , pamorgunoto@ft.unrika,” *Sigma Teknika*, vol. 5, no. 2, pp. 333–350.
- [34] W. Yulita, A. Afriansyah, J. Terusan Ryacudu, W. Huwi, K. Jati Agung, and K. Lampung Selatan, “ALAT PEMANTAU KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM.”
- [35] R. D. Putra and R. Mukhaiyar, “Perancangan Sistem Pemantau Keamanan Rumah Dengan Sensor Pir dan Kamera Berbasis Mikrokontroler dan Internet Of Things (Iot),” *R2J*, vol. 4, no. 2, 2022, doi: 10.38035/rrj.v4i3.
- [36] N. Ikhwan, K. Setiawan, ; Bambang, and H. Purwoto, “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN DENGAN PIR MOTION SENSOR DAN ESP32-CAM BERBASIS IOT.”
- [37] R. Raihan Fadilla *et al.*, “Iot-Based Personal Protective Equipment Monitoring System To Prevent The Risk Of Dehydration In Health Workers For COVID-19 Pandemic.” [Online]. Available: <http://ijstm.inarah.co.id>