

Sistem Monitoring Alat Perkakas Pada Kendaraan Truk Towing Menggunakan ESP32

Ahmad Ridho¹, Giovanni Dimas Prenata², Arif Bayu Prasetyo³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

Received : 1 Maret 2026, Revised : 8 Maret 2026, Published : 13 Maret 2026

Corresponding Author

Nama Penulis: Ahmad Ridho¹

E-mail : ridhoi@untag-sby.ac.id

Abstrak

Kamera adalah perangkat umum yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dalam pengambilan gambar atau perekaman peristiwa yang nantinya dapat dilihat oleh individu lain. Selain itu, kamera juga memiliki kemampuan untuk menggantikan peran mata manusia dalam proses pengamatan visual. Mata manusia mampu mengidentifikasi dan memproses informasi visual, termasuk warna, bentuk, dan berbagai unsur lainnya dalam lingkungan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem deteksi objek dengan memanfaatkan kamera sebagai komponen utamanya. Mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan ESP32-CAM digunakan untuk pengawasan visual, dan sistem ini didukung oleh motor servo SG90 yang dapat dikendalikan oleh pengguna. Melalui integrasi Web Server, pengguna dapat dengan mudah memantau kamera secara real-time melalui perangkat seluler mereka. Keuntungan tambahan dari integrasi ini adalah meningkatkan keterlibatan dan kenyamanan pengguna, memungkinkan mereka untuk mengakses informasi visual dengan cepat dan efisien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menampilkan streaming video secara real-time pada antarmuka Web Server dengan tingkat latensi rata-rata sebesar 5 milidetik. Motor servo SG90 terbukti mampu merespons perintah kontrol dari perangkat seluler dengan akurasi pergerakan sudut sebesar 90°, memperluas cakupan area pemantauan. Selain itu, fungsi deteksi objek pada sistem ini mampu beroperasi dengan tingkat akurasi mencapai 99,8 % pada kondisi pencahayaan terang. Penerapan sistem deteksi objek melalui kamera, ESP32, dan motor servo SG90 juga memiliki potensi dalam berbagai skenario, seperti pengawasan industri, pemantauan lalu lintas, atau keamanan rumah tangga. Dengan adopsi teknologi ini, pengembangan solusi inovatif di berbagai bidang dapat lebih dimungkinkan.

Kata kunci - IoT, kamera, objek

Abstract

Cameras are ubiquitous devices that have become an integral part of capturing images or recording events for subsequent viewing by other individuals. Furthermore, cameras have the capability to substitute the role of the human eye in visual observation processes. The human eye is capable of identifying and processing visual information, including colors, shapes, and various other elements in its surrounding environment. This research aims to design an object detection system utilizing a camera as its primary component. An ESP32 microcontroller integrated with an ESP32-CAM is utilized for visual monitoring, and the system is supported by a user-controllable SG90 servo motor. Through Web Server integration, users can easily monitor the camera in real-time via their mobile devices. An additional advantage of this integration is the enhancement of user engagement and convenience, enabling them to access visual information quickly and efficiently. Test results indicate that the system successfully displays real-time video streaming on the Web Server interface with an average latency of 5 milliseconds. The SG90 servo motor proved capable of responding to control commands from a mobile device with

an angular movement accuracy of 90°, thereby expanding the coverage of the monitoring area. In addition, the object detection function of this system is able to operate with an accuracy level reaching 99.8% under bright lighting conditions. The application of this object detection system using a camera, ESP32, and SG90 servo motor also holds potential in various scenarios, such as industrial surveillance, traffic monitoring, or home security. With the adoption of this technology, the development of innovative solutions across various fields becomes more feasible.

Keywords - IoT, camera, object

How To Cite : Ridho'i, A., Prenata, G. D., & Prasetyo, A. B. (2026). Sistem Monitoring Alat Perkakas Pada Kendaraan Truk Towing Menggunakan ESP32. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 2(10), 1673–1686. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i10.793>

Copyright ©2026 Ahmad Ridho'i, Giovanni Dimas Prenata, Arif Bayu Prasetyo

PENDAHULUAN

Industri truk towing memainkan peran penting dalam transportasi dan logistik, khususnya dalam mengangkut kendaraan yang mengalami gangguan atau kecelakaan. Truk towing sering kali dilengkapi dengan berbagai alat perkakas dan peralatan yang diperlukan untuk mengeksekusi pekerjaan pemindahan kendaraan yang rusak. Alat perkakas ini termasuk tool box, ban serep, dongkrak, serta peralatan lainnya yang diperlukan untuk menarik, mengangkat, atau mengamankan kendaraan yang akan diangkut (Hermawan, 2023).

Kendaraan yang diangkut oleh truk towing merupakan aset berharga bagi pemiliknya, seperti mobil mewah atau kendaraan khusus lainnya. Oleh karena itu, alat perkakas dan peralatan yang digunakan pada truk towing juga memiliki nilai yang signifikan. Masalah yang sering muncul dalam industri ini adalah pencurian alat perkakas dan peralatan dari truk towing, yang dapat mengakibatkan kerugian finansial yang substansial bagi perusahaan truk towing (Ridhoi et al., 2020).

Oleh karena itu, penting untuk memiliki sistem monitoring dan pengamanan yang efektif untuk alat perkakas pada kendaraan truk towing. Teknologi ESP32 adalah salah satu inovasi terbaru yang dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan alat perkakas pada truk towing. ESP32 adalah mikrokontroler yang mampu menghubungkan alat-alat elektronik ke jaringan Internet of Things (IoT). Dengan menggunakan ESP32, alat perkakas pada truk towing dapat dihubungkan ke jaringan monitoring yang memungkinkan pengawasan secara real-time (*View of Rancang Bangun Alat Pendeteksi ...m (Besi) Berbasis Mikrokontroler ESP32.Pdf*, n.d.).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring keamanan alat perkakas pada kendaraan truk towing menggunakan ESP32. Dengan sistem ini, diharapkan dapat mengurangi risiko pencurian, penyalahgunaan, dan kerusakan alat perkakas, serta meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional truk towing secara keseluruhan. Dengan demikian, solusi ini dapat memberikan manfaat besar bagi perusahaan truk towing dan pemilik kendaraan yang mengandalkan layanan truk towing untuk pemindahan kendaraan mereka (Ridhoi et al., 2020).

TINJAUAN PUSTAKA

A. Truk Towing

Towing adalah suatu proses pengangkutan kendaraan menggunakan truk khusus yang dirancang untuk membawa satu jenis kendaraan di bagian belakangnya. Jasa towing dapat dihubungi oleh siapa saja yang membutuhkan pengiriman kendaraan, terutama dalam situasi darurat seperti banjir, mogok di jalan, atau saat ingin melakukan perjalanan mudik. Syarat umum yang diperlukan untuk pengiriman dengan towing adalah melampirkan dokumen STNK dan BPKB kendaraan yang akan diangkut (Barnes, 1994). Proses pengangkutan ini dapat dilakukan baik untuk jarak dekat maupun jauh sesuai permintaan pengirim. Biaya pengiriman umumnya ditentukan berdasarkan jarak yang akan ditempuh, sehingga semakin jauh, biayanya akan lebih

tinggi. Ada dua teknik utama yang digunakan dalam proses pengangkutan mobil dengan towing. Teknik pertama adalah towing gendong, di mana mobil diangkut dan ditempatkan di bagian belakang truk. Sementara itu, teknik kedua adalah towing hidrolik, di mana bak belakang truk dapat diturunkan sejajar dengan permukaan jalan, dan mobil diangkat ke dalam bak truk.



Gambar 1.
Truk Towing

B. Alat Perkakas

Alat perkakas adalah peralatan mekanik yang digunakan untuk membantu manusia dalam melaksanakan tugas atau pekerjaan. Alat perkakas merupakan bagian integral dalam berbagai industri, perbaikan rumah, konstruksi, pertanian, dan berbagai bidang lainnya. Alat perkakas diciptakan dengan beragam fungsi seperti memotong, menggiling, mengebor, mengukur, dan lainnya. Jenis dan tujuan penggunaan alat perkakas menentukan fungsinya. Desain alat perkakas sangat penting untuk memastikan bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik dan aman, yang mencakup ergonomi, kekuatan, daya tahan, ketahanan aus, keamanan pengguna, dan efisiensi energy(*Fundamental Engineering of Digital Electronic.Pdf*, n.d.).

C. Monitoring

Monitoring adalah tindakan pemantauan kegiatan atau proyek yang dilakukan oleh berbagai pihak, termasuk perusahaan, organisasi, dan institusi, dengan tujuan melakukan pengukuran terhadap tujuan yang telah ditetapkan. Dalam proses monitoring, data mentah dikumpulkan yang nantinya akan diolah untuk keperluan evaluasi. Monitoring memberikan informasi mengenai sejauh mana pencapaian dan evaluasi yang telah dilakukan seiring berjalannya waktu. Pemantauan ini diperlukan untuk memeriksa jalannya proses pelaksanaan serta mengevaluasi kondisi demi mencapai tujuan yang telah ditetapkan(Yordhan, 1945).

D. Internet of Things (IoT)

Internet of Things, atau yang lebih dikenal dengan singkatan IoT, adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memanfaatkan potensi konektivitas internet yang berlangsung secara berkelanjutan. Konsep ini memungkinkan kita untuk menghubungkan berbagai mesin, peralatan, dan objek fisik dengan sensor jaringan serta aktuator, yang kemudian memungkinkan pengumpulan data dan pengelolaan mandiri. Dengan demikian, mesin-mesin dapat berkolaborasi dan bahkan mengambil tindakan berdasarkan data baru yang diperoleh secara independen. IoT adalah gagasan di mana semua objek di dunia nyata dapat berkomunikasi satu sama lain sebagai bagian dari sistem terpadu melalui jaringan internet. Konsep Internet of Things (IoT) pada dasarnya merupakan ide yang relatif sederhana, dengan prinsip kerjanya mengandalkan tiga elemen utama dalam arsitektur IoT(Ridhoi, 2019).



Gambar 2.
Konsep IoT

E. ESP32-Cam

ESP32-Cam adalah sebuah mikrokontroler yang dirancang khusus untuk berbagai aplikasi, termasuk aplikasi seluler, perangkat elektronik yang dapat digunakan, dan Internet of Things (IoT) (Berg, 2017). Mikrokontroler ini menggabungkan berbagai fitur canggih, seperti gerbang jam yang beroperasi dengan sangat akurat, berbagai mode daya yang dapat diatur, dan kemampuan penskalaan daya yang dinamis. Papan pengembangan WiFi dan Bluetooth dengan mikrokontroler Esp32, yang sering disebut sebagai Esp32-Cam, adalah modul yang sangat serbaguna. Modul ini mempunyai sifat open source, yang berarti siapa saja dapat memanfaatkannya untuk berbagai keperluan. Salah satu fitur yang paling menonjol adalah kemampuan untuk mengambil gambar, melakukan pengenalan wajah, dan mendeteksi wajah (Arrahma & Mukhaiyar, 2023).



Gambar 3.
ESP32

F. ESP32

Espressif System memperkenalkan ESP32 sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. ESP32 memiliki keunggulan sebagai mikrokontroler yang biaya dan daya rendah, dilengkapi dengan modul WiFi terintegrasi dan fitur bluetooth ganda dengan konsumsi daya yang efisien, membuatnya menjadi pilihan yang lebih fleksibel. Dengan kemampuan ini, ESP32 kompatibel dengan perangkat seluler dan aplikasi IoT (Internet of Things). Mikrokontroler ini dapat berfungsi sebagai sistem mandiri yang lengkap atau dapat diintegrasikan sebagai perangkat pendukung mikrokontroler host. ESP32 menggunakan prosesor dual core yang beroperasi dengan instruksi Xtensa LX6. Spesifikasi ESP32 tercantum dalam tabel berikut (Murray et al., 2005).



Gambar 4.
Mikrokontroler ESP32

G. Motor Servo SG90

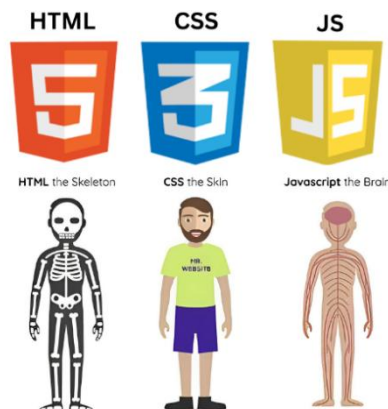
Motor servo adalah perangkat motor listrik yang menggunakan sistem umpan balik tertutup, di mana informasi posisi motor dikirimkan kembali ke dalam rangkaian pengendali yang terdapat dalam motor servo. Motor ini terdiri dari motor DC, serangkaian gigi (gear), potensiometer, dan rangkaian pengendali. Fungsi potensiometer adalah untuk mengatur batas sudut putaran servo, sementara sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kabel sinyal motor. Motor servo SG90 mampu berputar sekitar 180 derajat (90 derajat ke setiap arah), mirip dengan jenis servo standar, tetapi dalam ukuran yang lebih kompak. Sangat cocok untuk pemula yang ingin menggerakkan perangkat tanpa perlu membangun pengendali motor dengan umpan balik dan kotak roda gigi, terutama karena servo ini dapat digunakan di tempat-tempat dengan ruang terbatas (Rohman & Ridho, 1945).



Gambar 5.
Motor Servo SG90

H. Web Server

Web server adalah perangkat lunak atau perangkat keras yang menyediakan layanan hosting untuk situs web. Fungsi utamanya adalah menyimpan, mengelola, dan mengirimkan konten situs web kepada pengguna yang mengaksesnya melalui internet (Gad-el-Hak, 1987). Ini merupakan bagian integral dari infrastruktur web dan memungkinkan situs web dapat diakses oleh pengguna dari berbagai perangkat dan lokasi di seluruh dunia (Gao et al., 2012).



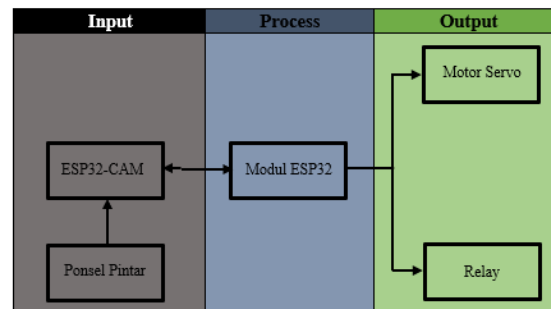
Gambar 6.
Web Server

METODE

A. Cara Perancangan Hardware

Perancangan hardware adalah proses yang mencakup desain, pengembangan, dan pengujian komponen fisik dari sistem komputer atau perangkat elektronik. Proses ini melibatkan pemilihan komponen yang tepat seperti prosesor, sensor, dan perangkat input/output, serta

memastikan bahwa seluruh bagian berfungsi secara efisien dan efektif sebagai satu kesatuan sistem. Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan perangkat keras yang dapat diandalkan dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.



Gambar 7.

Diagram Blok Perancangan Hardware

Bagian disetiap gambar diagram blok diatas akan dijelaskan sebagai berikut :

1) ESP32-CAM

ESP32 Cam diatur oleh ESP32 Modul untuk menangkap gambar atau video dari objek yang diawasi. Kamera mengirimkan data visual (gambar atau video) secara real-time ke web server. Pengguna dapat mengakses dan melihat hasil tangkapan kamera melalui antarmuka web server pada ponsel pintar.

2) Ponsel Pintar

Pengguna mengakses web server melalui browser di ponsel pintar. Melalui antarmuka web server, pengguna mengirimkan perintah seperti menggerakkan motor servo, menangkap gambar/video dari ESP32 Cam, atau mengontrol relay untuk LED infrared. Secara bersamaan web server juga menerima perintah dari ponsel pintar dan meneruskan perintah tersebut ke Modul ESP32 untuk diproses lebih lanjut.

3) Mikrikontroler ESP32

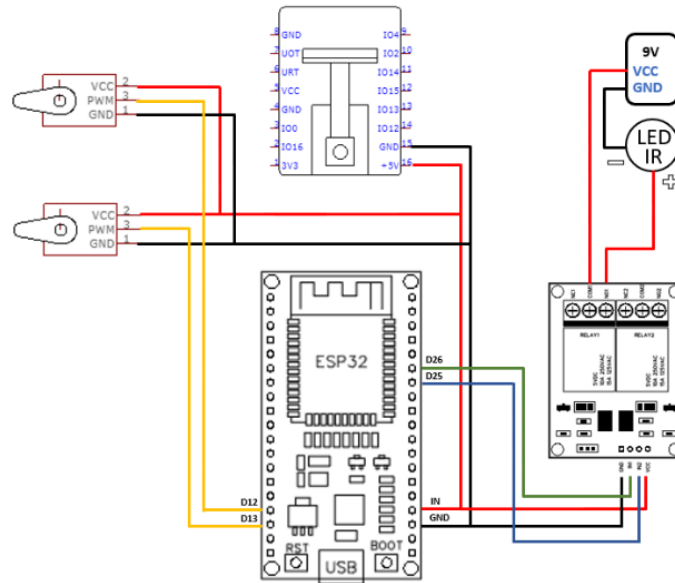
Modul ESP32 bertindak sebagai pengendali utama yang menerima perintah dari web server. Modul ESP32 menganalisis perintah dan menentukan tindakan yang sesuai berdasarkan perintah yang diterima, kemudian Modul ESP32 mengirimkan sinyal kontrol ke komponen terkait seperti, Mengirim sinyal PWM ke Motor Servo untuk menggerakkan bracket ESP32 Cam dan mengaktifkan atau menonaktifkan pin digital untuk mengendalikan relay yang menghidupkan atau mematikan LED infrared. Setelah melaksanakan perintah, Modul ESP32 akan mengirim data balik ke web server dan memperbarui antarmuka pengguna dengan data terbaru ini (Rohman & Ridho, 1945).

4) Motor Servo

Motor Servo menerima sinyal PWM dari Modul ESP32 untuk mengatur posisi bracket ESP32-Cam dan menggerakkan bracket ke posisi yang diinginkan, memungkinkan sudut pandang kamera untuk disesuaikan.

5) Relay

Relay menerima sinyal kontrol dari Modul ESP32 untuk menghidupkan atau mematikan LED infrared kemudian relay mengubah statusnya menjadi on atau off, sehingga mengontrol aliran daya listrik ke LED infrared sesuai perintah yang diterima.



Gambar 8.

Wiring Diagram Perangkat Keras

Tabel 1.

Fungsi Tiap Pin Modul Esp32

No.	Pin	Fungsi
1	D12	Untuk memberikan sinyal PWM ke motor servo guna mengontrol posisi sudut motor servo keatas dan kebawah.
2	D13	Untuk memberikan sinyal PWM ke motor servo guna mengontrol posisi sudut motor servo kekanan dan kekiri.
3	D25	Untuk menghasilkan sinyal digital yang dikirimkan ke pin In1 pada relay. HIGH aliran listrik melewati relay dan LOW menghentikan aliran listrik.
4	D26	Untuk menghasilkan sinyal digital yang dikirimkan ke pin In2 pada relay. HIGH aliran listrik melewati relay dan LOW menghentikan aliran listrik.
5	VCC	Untuk menyediakan daya pada komponen tambahan yang terhubung dengan ESP32
6	GND	Untuk mengalirkan arus balik dan mengatur potensial relatif antara berbagai komponen yang terhubung.

Tabel 2.

Konfigurasi Pin Esp32 Dengan Modul Relay 2 Channel

No	Modul Relay 2 channel	ESP32
1	VCC	Pin VCC
2	GND	Pin GND
3	In 1	Pin D25
4	In 2	Pin D26

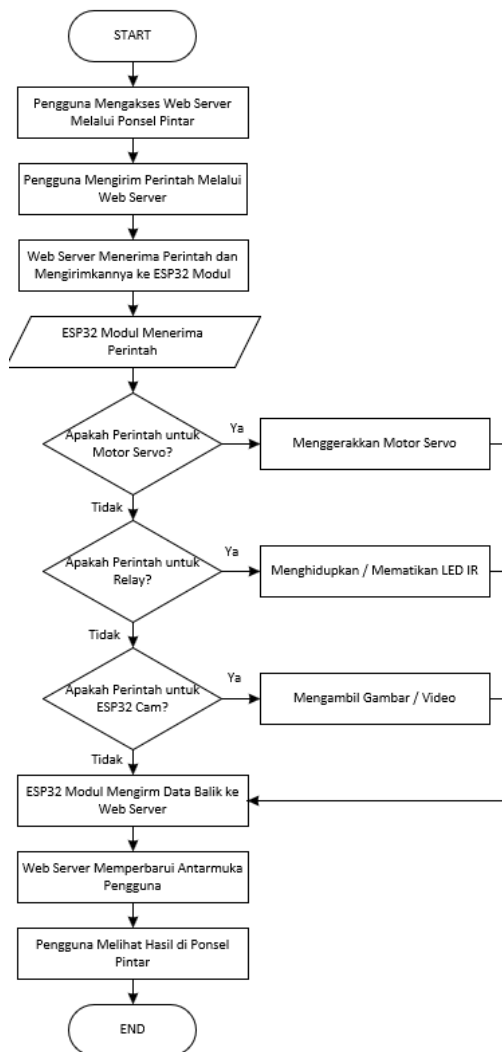
Tabel 3.
Konfigurasi Pin Esp32 Dengan Motor Servo

No	Motor Servo	ESP32
1	VCC	Pin VCC
2	GND	Pin GND
3	Signal 1	Pin D12
4	Signal 2	Pin D13

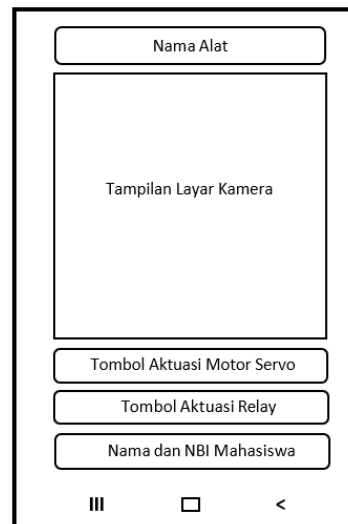
B. Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak adalah tahap krusial dalam pengembangan perangkat lunak yang menentukan kualitas, keberhasilan implementasi, dan kemudahan pemeliharaan sistem.

1) Flowchart



Gambar 9.
Flowchart



Gambar 10.
Desain Dashboard ESP32

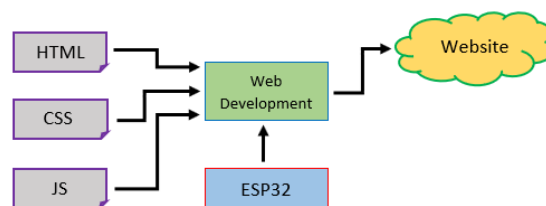
2) Pembuatan Program Web Server

Sebelum memulai proses pengkodean, penting untuk sepenuhnya memahami desain sistem yang telah disiapkan sebelumnya. Hal ini mencakup pemahaman mendalam tentang

tujuan sistem, cara kerja, jenis data yang akan digunakan, serta bagaimana interaksi antarmuka akan terjadi.

Dalam proses pengembangan sistem, pembuatan program menjadi tahapan penting untuk dipertimbangkan. Hal ini didasarkan pada kebutuhan sistem yang ingin dikembangkan serta kompatibilitas dengan perangkat keras yang akan digunakan. Berikut bahasa dalam pembuatan tampilan dashboard ESP32 :

- HTML (HyperText Markup Language) adalah bahasa markup yang digunakan untuk membuat struktur atau kerangka dasar dalam tampilan halaman web.
- CSS (Cascading Style Sheets) juga merupakan bahasa markup yang digunakan untuk mengatur tampilan web, termasuk warna, font, layout, dan pengaturan tata letak serta gaya visual dari elemen-elemen HTML.
- Sementara itu, JavaScript adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menambahkan interaktivitas pada halaman web, seperti mengatur fungsi tombol pada relay dan penggeser pada motor servo.



Gambar 11.

Alur Pengkodean Web Server

Pembuatan kerangka dasar dalam sebuah halaman web saat menggunakan HTML di Notepad++ melibatkan penyusunan struktur dasar HTML, yang mencakup elemen-elemen seperti `<!DOCTYPE html>`, `<html>`, `<head>`, dan `<body>`. Proses ini dimulai dengan menentukan deklarasi tipe dokumen untuk memastikan kompatibilitas dengan berbagai browser, diikuti oleh penulisan tag pembuka dan penutup HTML, serta penyertaan elemen head yang memuat meta informasi dan tautan ke stylesheet, serta elemen body yang akan memuat konten utama halaman web.

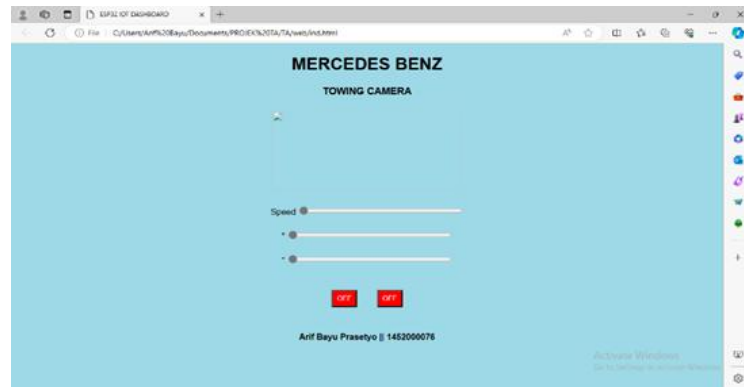


Gambar 12.

Hasil Kerangka Dasar HTML

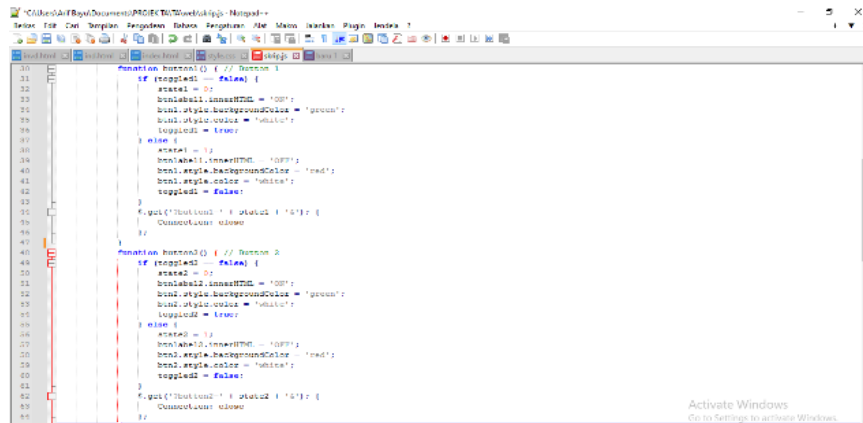
Pembuatan tampilan dalam sebuah halaman web menggunakan CSS di Notepad++ melibatkan penulisan aturan-aturan gaya yang mengontrol bagaimana elemen-elemen HTML

ditampilkan. Dengan menggunakan CSS, dapat mengubah warna, ukuran, font, tata letak, dan banyak lagi aspek tampilan halaman web secara terinci dan terpusat. Sebagai contoh, untuk mengubah warna latar belakang halaman web menjadi biru muda.

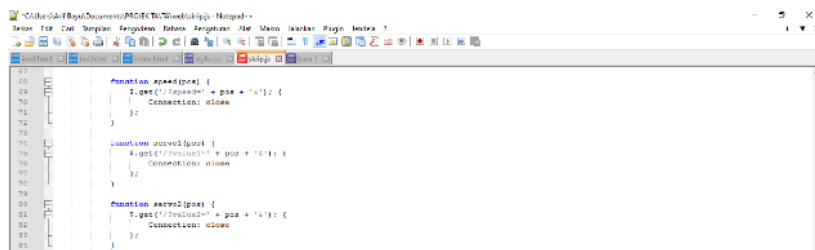


Gambar 13.
Hasil Tampilan CSS

Interaksi antar komponen dengan halaman web saat menggunakan Notepad++ dan bahasa pemrograman JavaScript melibatkan pembuatan fungsi-fungsi yang mengendalikan tombol pada relay dan slider pada motor servo. Proses ini mencakup penulisan skrip JavaScript yang merespons aksi pengguna, seperti klik tombol untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay, serta penyesuaian nilai slider untuk mengatur posisi motor servo. Dengan memanfaatkan event listeners dan fungsi JavaScript, halaman web dapat berinteraksi secara dinamis dengan komponen hardware, memungkinkan kontrol yang real-time dan responsif.



Gambar 14.
Mengontrol tombol ON/OFF



Gambar 15.
Mengatur kecepatan dan posisi servo

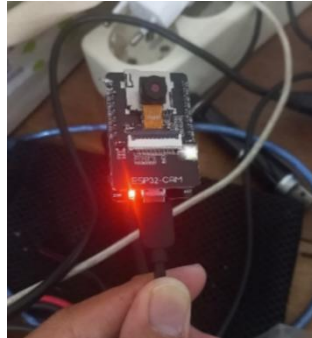
PEMBAHASAN

Pengujian ESP32-Cam

1. Koneksi Hardware

Penjelasan : Koneksi ini diperlukan untuk memastikan bahwa modul ESP32-CAM dapat terhubung dengan komputer melalui FTDI Programmer, memungkinkan pengiriman firmware dan komunikasi serial antara perangkat. Hubungkan pin RX dari FTDI Programmer ke pin U0T di ESP32-CAM

Hasil : Modul ESP32-CAM berhasil dikenali oleh komputer melalui FTDI Programmer, indikasi lampu LED pada FTDI Programmer dan ESP32-CAM menyala dengan baik, menunjukkan bahwa koneksi hardware berfungsi dengan benar.



Gambar 16.

Indikator LED pada ESP32-CAM

2. Konfigurasi Software

Penjelasan : Langkah ini memastikan untuk menguji fungsi dasar kamera dan koneksi WiFi, memastikan bahwa perangkat dapat menjalankan kode dan terhubung ke jaringan.

Hasil : Sketsa berhasil mengidentifikasi dan mengkonfigurasi ke ESP32-CAM, tidak ada kesalahan kompilasi atau upload, modul siap untuk pengujian lebih lanjut.

```
Writing at 0x000b18f4... (67 %)
Writing at 0x000b6c05... (70 %)
Writing at 0x000bc2f3... (72 %)
Writing at 0x000c18a4... (75 %)
Writing at 0x000c71d9... (77 %)
Writing at 0x000ccd30... (80 %)
Writing at 0x000d26a9... (82 %)
Writing at 0x000db3e6... (85 %)
Writing at 0x000e3464... (87 %)
Writing at 0x000e8511... (90 %)
Writing at 0x000ef44c... (92 %)
Writing at 0x000f50a3... (95 %)
Writing at 0x000fa982... (97 %)
Writing at 0x000fff36... (100 %)
Wrote 1002144 bytes (652406 compressed) at 0x00010000 in 14.9 seconds (effective 536.5 kbit/s)...
Hash of data verified.

Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
```

Gambar 17.

Program Terhubung Dengan ESP32-CAM

3. Menguji Koneksi dan Kamera

Penjelasan : Tahap ini menguji apakah ESP32-CAM dapat berhasil booting ke mode operasi normal, terhubung ke WiFi, dan menjalankan browser yang menampilkan gambar dari kamera.

Hasil : ESP32-CAM berhasil terhubung ke WiFi dan menampilkan alamat IP di Serial Monitor. Modul ESP32-Cam akan menjalankan dan mengeksekusi program yang dapat dilihat dari serial monitor dan mendapatkan link untuk mengakses streaming video.

```
ets Jul 29 2019 12:21:46
rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0030,len:1448
load:0x40078000,len:14844
ho 0 tail 12 room 4
load:0x40080400,len:4
load:0x40080404,len:3356
entry 0x4008059c
.....WiFi connected
192.168.0.151
Stream Link: http://192.168.0.151/mjpeg/1
```

Gambar 18.
Link Akses Streaming Video

Pengujian Mikrokontroler ESP32

1. Koneksi Hardware

Penjelasan : Koneksi ini diperlukan untuk memastikan bahwa Modul ESP32 dapat terhubung dengan komputer melalui FTDI Programmer, memungkinkan pengiriman firmware dan komunikasi serial antara perangkat.

Hasil : Modul ESP32 berhasil dikenali oleh komputer melalui FTDI Programmer, indikasi lampu LED pada FTDI Programmer dan Modul ESP32 menyala dengan baik, menunjukkan bahwa koneksi hardware berfungsi dengan benar.

Pengujian Keseluruhan Perangkat

1. Koneksi Perangkat Ke Web Server

Penjelasan : Koneksi hardware antara Modul ESP32, ESP32-CAM, motor servo, dan LED relay berhasil terhubung melalui web server. Ini menunjukkan bahwa semua komponen terhubung secara benar dan dapat berinteraksi satu sama lain.

Hasil : Berdasarkan hasil pengujian integrasi komponen, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil :

- a) Konektivitas dan Akses Jaringan, Modul ESP32 dan ESP32-CAM berhasil terhubung secara stabil dan konsisten ke jaringan WiFi. Ini menunjukkan bahwa kedua modul ini memiliki kemampuan konektivitas yang handal, memungkinkan akses yang lancar dan berkelanjutan ke jaringan.
- b) Akses Real-Time Melalui Web Server, ESP32-CAM dapat diakses melalui web server, memungkinkan pengguna untuk melihat gambar atau video secara real-time. Fitur ini penting untuk aplikasi yang memerlukan pemantauan visual jarak jauh dan menunjukkan bahwa integrasi web server berjalan dengan baik.
- c) Kontrol Motor Servo, Modul ESP32 dapat mengontrol motor servo dengan presisi dan responsif. Pengaturan gerakan naik-turun atau kiri-kanan dapat dilakukan melalui tombol web server, menunjukkan bahwa sistem kontrol servo bekerja dengan baik dan responsif terhadap input pengguna.
- d) Kontrol Relay dan LED Inframerah, Relay yang dikendalikan oleh ESP32 dapat mengontrol on/off LED inframerah dengan baik. Ketika instruksi diberikan melalui web server, relay merespons dengan cepat dan mengubah statusnya sesuai kebutuhan, memastikan bahwa LED inframerah menerima daya listrik yang diperlukan.



Gambar 19.
Pengujian Hardware Dan Software

KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan, percobaan dan pengujian dapat ditarik beberapa poin kesimpulan sebagai berikut.

Sistem yang dirancang menunjukkan performa fungsional yang baik, di mana modul ESP32 dan ESP32-CAM berhasil terhubung secara stabil ke jaringan WiFi dan dapat diakses melalui web server untuk pemantauan gambar serta video secara real-time. Dalam pengujian kendali, modul ESP32 mampu mengoperasikan motor servo dengan presisi dan responsif sesuai dengan input sudut yang diberikan melalui antarmuka web server. Selain itu, integrasi relay yang dikendalikan oleh ESP32 terbukti efektif dalam mengatur aktivasi LED inframerah secara efisien; instruksi dari web server direspons dengan cepat untuk memastikan kebutuhan daya listrik terpenuhi guna menjaga optimalitas kinerja sistem.

Meskipun secara umum ESP32-CAM berhasil terhubung ke jaringan, hasil pengujian di berbagai lokasi menunjukkan adanya gangguan konektivitas yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa stabilitas koneksi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan serta kecepatan tinggi pada kendaraan (truk) yang digunakan dalam simulasi. Namun, dari sisi kualitas visual, video dan gambar yang dihasilkan oleh ESP32-CAM tetap terjaga kejernihannya meskipun terpapar getaran saat truk beroperasi. Tidak adanya penurunan kualitas rekaman yang signifikan ini membuktikan bahwa unit ESP32-CAM memiliki ketahanan fisik dan optik yang mumpuni untuk diaplikasikan pada kondisi lingkungan yang dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrahma, S. A., & Mukhaiyar, R. (2023). Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1), 60–66.
- Barnes, M. C. (1994). Electrical and electronic. In *Chilton's automotive industries* (Vol. 174, Issue 9, p. 56).
- Berg, P. W. S. (2017). A Discussion of Technical Challenges and Operational Limits for Towing Operations. *NTNU: Taipei, Taiwan*.
- Gad-el-Hak, M. (1987). The water towing tank as an experimental facility: An overview. *Experiments in Fluids*, 5(5), 289–297.
- Gao, W., Kagan, D., Pak, O. S., Clawson, C., Campuzano, S., Chuluun-Erdene, E., Shipton, E., Fullerton, E. E., Zhang, L., Lauga, E., & others. (2012). Cargo-towing fuel-free magnetic nanoswimmers for targeted drug delivery. *Small*, 8(3), 460–467.
- Hermawan, Y. (2023). Rancang Bangun Kamera Portabel Pemantau Ruang Brankas Berbasis IoT menggunakan ESP-32 Camera. *Teknika*, 1(1), 32–42.

- Murray, A., Aitchison, T. C., Ross, G., Sutherland, K., Watt, I., McLean, D., & Grant, S. (2005). The effect of towing a range of relative resistances on sprint performance. *Journal of Sports Sciences*, 23(9), 927–935.
- Ridhoi, A. (2019). Alat Pendeteksi Ketinggian pada Truk Bermuatan Lebih untuk Melewati Jalur Terowongan Jembatan Kereta Api Berbasis Mikrokontroler Atmega16. *El Sains : Jurnal Elektro*, 1(1). <https://doi.org/10.30996/elsains.v1i1.1636>
- Ridhoi, A., Setyadjit, A., & Andriawan, A. H. (2020). Ldr Untuk Menentukan Posisi Solar Cell Menggunakan Pengolah Atmega 8. *Jurnal Teknik Industri*, 23(1), 17–27.
- Rohman, H. H., & Ridho, A. (1945). *Rancang Bangun Sistem Kendali Drone Quadcopter Dengan Smartphone Android*. 1–7.
- Satwika, I. K. S. (2024). *Sistem Informasi Suhu Tubuh Pada Gate Berbasis Nodemcu ESP32*. *INFORMAL: Informatics Journal*.