

Pengembangan Trainer Internet of Things (IoT) Sebagai Media Pembelajaran Dengan Menggunakan NodeMCU ESP32CAM

Development Of Internet Of Things (IoT) Trainer As A Learning Media Using NodeMCU ESP32CAM

Khotibul Umam¹, Achmad Fiqhi Ibadillah^{2*}, Achmad Ubaidillah^{3*}, Hanifudin Sukri^{4*}, Diana Rahmawati^{5*}, Riza Alfita^{6*}

^{1,2,3,4,5,6}Teknik Elektro, Teknik, Universitas Trunojoyo Madura, Jl. Raya Telang, Bangkalan, Indonesia, 69162

¹khotibulumam149@gmail.com, ²fiqhi.achmad@gmail.com*, ³ubaidillah.ms@trunojoyo.ac.id*,

⁴hanifudinsukri@trunojoyo.ac.id*, ⁵diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id*, ⁶riza.alfita@trunojoyo.ac.id*

Abstract

This study examines the potential and implementation of feature development on the ESP32CAM as an Internet of Things (IoT)-based learning medium in the form of a trainer. This research addresses the gap in the use of the NodeMCU ESP32CAM as IoT technology in educational media, which has not been widely utilized. The primary goal of this study is to analyze and explore the use of the ESP32CAM as a trainer to enhance IoT-based learning. The study employs an exploratory approach to investigate the use of the ESP32CAM, including an analysis of the application of the technology in a learning environment. Data were obtained through questionnaires distributed to experts and users/students, involving 45 students from the Electrical Engineering program at Trunojoyo University Madura. The results of the study indicate that the IoT trainer using the NodeMCU ESP32CAM is highly feasible, with an eligibility percentage of 91.08% from expert evaluations and 87.25% from user evaluations. It is hoped that the findings of this research can provide new insights into innovations in IoT use and serve as a foundational basis for further development in the related field.

Keywords: ESP32CAM, Internet of Things (IoT), learning media.

Abstrak

Penelitian ini membahas potensi dan implementasi pengembangan fitur pada ESP32CAM sebagai media pembelajaran berbasis *Internet of Things (IoT)* dalam bentuk trainer. Penelitian ini mengatasi kesenjangan dalam penggunaan NodeMCU ESP32CAM sebagai teknologi *IoT* dalam media pembelajaran yang masih belum banyak digunakan. Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis dan mengeksplorasi penggunaan ESP32CAM sebagai trainer untuk meningkatkan pembelajaran berbasis *IoT*. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksploratif untuk menyelidiki penggunaan ESP32CAM, termasuk analisis penerapan teknologi dalam lingkungan pembelajaran. Data diperoleh melalui kuesioner yang disebar kepada para ahli dan pengguna/mahasiswa, melibatkan 45 mahasiswa program studi Teknik Elektro di Universitas Trunojoyo Madura. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *trainer IoT* menggunakan NodeMCU ESP32CAM sangat layak, dengan persentase tingkat kelayakan sebesar 91,08% dari penilaian para ahli dan 87,25% dari penilaian pengguna. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan baru terkait inovasi dalam penggunaan *IoT* serta menjadi landasan dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang terkait.

Kata kunci: ESP32CAM, *Internet of Things (IoT)*, media pembelajaran.

1. Pendahuluan

Pada era Revolusi Industri 4.0, terjadi pergeseran signifikan dalam berbagai bidang seperti *Internet of Things (IoT)*, kecerdasan buatan dan robotika. Pergeseran ini telah mengakselerasi transformasi digital di berbagai sektor kehidupan[1]. Keterhubungan perangkat, sistem, dan infrastruktur melalui jaringan internet dapat menjadi sarana pertukaran data yang cepat dan integrasi yang lebih luas. Perangkat-perangkat yang terhubung secara otomatis dapat mengumpulkan, menganalisis, dan bertindak berdasarkan data yang dikumpulkan, menciptakan lingkungan yang cerdas dan terkoneksi. Pada era ini, *IoT* tidak hanya mengubah cara kita berinteraksi dengan teknologi, tetapi juga mengubah pola kerja, metode produksi, sistem transportasi, layanan kesehatan, dan kehidupan sehari-hari secara keseluruhan. Penyediaan informasi *real-time*, pemantauan otomatis, dan pengambilan keputusan yang cerdas merupakan manfaat utama yang ditawarkan oleh *IoT* di era 4.0. Hal ini, dapat meningkatkan efisiensi yang lebih tinggi, penghematan biaya, peningkatan produktivitas, dan pelayanan yang lebih personal kepada pengguna. Namun, seiring dengan kecanggihan teknologi *IoT*, muncul pula tantangan terkait

keamanan data, privasi, interoperabilitas, dan manajemen data yang besar. Oleh karena itu, pemahaman mendalam, regulasi yang tepat, serta pengembangan infrastruktur yang andal dan aman menjadi kunci untuk memaksimalkan potensi *IoT* di era Industri 4.0.

Sejalan dengan pergeseran ini, NodeMCU ESP32CAM merupakan sebuah modul pengembangan yang berbasis pada mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan kamera [2]. ESP32 sendiri memiliki kemampuan untuk terhubung dengan WiFi maupun Bluetooth, sedangkan modul kamera pada ESP32CAM dapat digunakan untuk pengambilan gambar dan video. Alat ini menjadi pilihan yang sangat tepat untuk mengembangkan *Internet of Things* yang melibatkan pengiriman data melalui jaringan nirkabel dan juga pengolahan visual, seperti deteksi gerakan, pemantauan lingkungan, serta proyek-proyek yang berbasis pada citra.

Salah satu sarana pendukung pendidikan adalah media pembelajaran, yang berfungsi untuk memfasilitasi proses belajar mengajar. Seperti yang terjadi dengan banyak kegiatan lainnya, terdapat hal-hal yang tidak dapat dicapai hanya dengan menggunakan tangan kosong[3]. Sebagaimana Seorang petani memerlukan cangkul untuk melubangi dan menggemburkan tanah, jadi mereka menemukan traktor, alat baru yang lebih efisien. Tidak mungkin menggali permukaan tanah dengan tangan kosong, terutama di lahan yang luas. Pada masa kemajuan teknologi informasi dan komunikasi (IPTEK) saat ini, penggunaan teknologi dalam media pembelajaran menjadi sangat penting untuk mempermudah penyampaian materi[4]. Karena banyak aktivitas manusia memanfaatkan media dan teknologi sebagai alat bantu untuk mencapai tujuan, penggunaan media pembelajaran untuk menyampaikan materi dalam proses belajar menjadi sangat penting. Dalam mendukung strategi peningkatan mutu pembelajaran, disarankan agar media pembelajaran digunakan sebagai sarana untuk mencapai tujuan pendidikan[5].

Dalam menjalankan fungsinya, ESP32CAM menggunakan mikrokontroler ESP32 yang efisien dan handal dalam mengelola konektivitas nirkabel. Fungsi kamera yang terintegrasi dapat digunakan sebagai kamera untuk mengambil gambar atau merekam video. Modul ini dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa pemrograman, seperti Arduino IDE maupun MicroPython. Hal ini, dapat membuka peluang berbagai aplikasi yang luas dalam berbagai bidang, seperti *IoT*, keamanan, pemantauan, dan pengenalan gambar. Penggunaan ESP32CAM sebagai trainer dalam media pembelajaran ini dapat memberikan kesempatan untuk memahami konsep dasar *IoT* sambil melakukan praktik secara langsung dengan teknologi ini pada proyek-proyek nyata. Dengan demikian, terbuka peluang untuk mengembangkan sistem yang lebih kompleks serta memperluas pemahaman tentang aplikasi *IoT* di berbagai bidang.

Berdasarkan hasil observasi pada penggunaan media pembelajaran dalam *trainer Internet of Things* dengan modul NodeMCU ESP32CAM sebagai objek fokus penelitian ini, dapat ditemukan bahwa pemanfaatan NodeMCU ESP32CAM dalam media pembelajaran dengan menggunakan *trainer* masih belum optimal. Sebagian besar penelitian sebelumnya yang telah melakukan riset mengenai *trainer IoT* cenderung lebih banyak yang masih menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai modul *trainer*[6] dan memanfaatkan modul NodeMCU ESP8266 [7] dalam peran sebagai perangkat *trainer IoT*. Tidak banyak orang yang menggunakan trainer NodeMCU ESP32CAM sebagai perangkat modul, jadi penelitian ini akan melihat semua potensi NodeMCU ESP32CAM sebagai perangkat pelatih dalam media pembelajaran *IoT*. Hal ini, dapat dimulai dengan mengidentifikasi ESP32CAM dan mempelajari penggunaan modul ESP32CAM sebagai kamera dan pemutar video. Dalam *trainer* media pembelajaran *IoT* yang menggunakan NodeMCU ESP32CAM sebagai objek penelitian, menemukan beberapa masalah yang dapat teridentifikasi dalam siklus kerjanya yang relevan untuk menjadi pengembangan dalam penelitian ini. Masalah-masalah ini termasuk keterbatasan penggunaan ESP32CAM yang mana dalam pembelajaran *IoT*, terdapat kesenjangan antara konsep dan praktik, kompleksitas pemrograman dan konfigurasi jaringan, serta keterbatasan sumber daya dan bahan rujukan. Penjelasan atas masalah-masalah tersebut dalam siklus kerja objek penelitian ini menjadi penting karena memunculkan kebutuhan akan pengembangan solusi atau pendekatan yang dapat mengatasi hambatan-hambatan tersebut. Solusi-solusi inovatif diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis *IoT* dengan menggunakan ESP32CAM sebagai *trainer*.

Dalam pengembangan *trainer IoT* dengan NodeMCU ESP32CAM ini dapat menguraikan sejumlah masalah yang menjadi fokus penelitian. Dalam hal ini, dipaparkan beberapa tantangan terkait pemakaian ESP32CAM sebagai alat pembelajaran *IoT*. Diantaranya adalah kesenjangan implementasi pada pembelajaran *IoT*, keterbatasan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan, kurangnya pedoman atau panduan yang jelas, tantangan dalam pengembangan proyek *IoT* yang kompleks, dan kesenjangan antara teori dan praktik. Pemilihan fokus penelitian ini menunjukkan kebutuhan akan pendekatan yang lebih efektif dalam memanfaatkan ESP32CAM sebagai *trainer IoT* di lingkungan pendidikan sebagai media pembelajaran. Diharapkan penelitian ini menemukan solusi dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan aksesibilitas, memperkaya materi pembelajaran, serta meningkatkan pemahaman dan keterampilan praktis dalam penerapan *IoT* menggunakan ESP32CAM.

Dalam penelitian pengembangan *trainer IoT* menggunakan NodeMCU ESP32CAM, terdapat beberapa solusi yang bisa diusulkan atau ditemukan dari penelitian sebelumnya mencakup penggunaan pembelajaran terintegrasi, dokumentasi yang lengkap, pengembangan aplikasi atau template proyek-proyek akan diterapkembangkan, dan peningkatan pada antarmuka pengguna ESP32CAM[8]. Solusi-solusi ini bertujuan untuk mempermudah pemula dalam belajar dan menggunakan ESP32CAM dengan menerapkan teknologi *IoT*. Meskipun demikian, solusi-solusi tersebut masih memerlukan penyesuaian lebih lanjut atau pengembangan lebih lanjut agar lebih efektif dalam mendukung penggunaan ESP32CAM sebagai *trainer IoT* dalam lingkungan pembelajaran.

Pengembangan dalam penelitian *trainer IoT* sebagai media pembelajaran menggunakan NodeMCU ESP32CAM ini, terdapat beberapa solusi yang akan diusulkan atau ditemukan dari penelitian sebelumnya. Solusi-solusi ini meliputi penggunaan pembelajaran terintegrasi yang khusus dikembangkan untuk mengeksplorasi berbagai fitur-fitur penting yang ada pada ESP32CAM[9], penyediaan dokumentasi yang lengkap dan panduan yang jelas, serta berusaha untuk meningkatkan antarmuka penggunaan ESP32CAM agar lebih intuitif bagi pengguna pemula yang sedang belajar menggunakan *trainer IoT* sebagai media pembelajaran ini. Meskipun telah ada solusi-solusi tersebut, masih diperlukan penyesuaian dan pengembangan lebih lanjut agar solusi-solusi tersebut dapat menjadi lebih efektif dan sesuai dengan konteks penggunaan modul ESP32CAM sebagai *trainer IoT* dalam lingkungan pembelajaran.

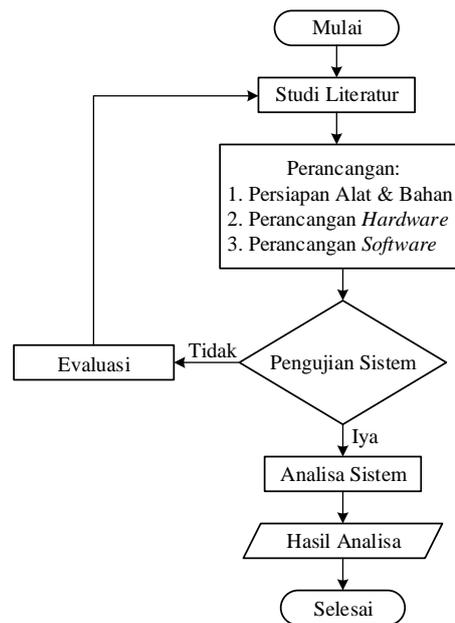
Dalam upaya mengatasi permasalahan terkait penggunaan NodeMCU ESP32CAM sebagai *trainer* untuk pembelajaran *Internet of Things (IoT)*, perlu untuk meninjau berbagai keunggulan, kelemahan, dan keterbaruan inovasi dari penelitian ini. Keunggulan penelitian ini mencakup pendekatan inovatif dalam pembelajaran *IoT* dengan ESP32CAM, peningkatan aksesibilitas dan penggunaan ESP32CAM, serta kemampuan untuk meningkatkan pembelajaran berbasis proyek dalam teknologi *IoT*. Namun, terdapat kelemahan terkait ketergantungan pada kapasitas dan keterbatasan *hardware* ESP32CAM serta kurangnya integrasi lintas platform yang dapat mempengaruhi adopsi solusi ini di lingkungan pendidikan yang sudah mapan. Sementara itu, keterbaruan dari penelitian ini akan berkontribusi pada pengembangan metode pembelajaran *IoT* yang lebih efektif, mendorong riset lebih lanjut, serta diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan hasil yang dapat diukur dalam pemahaman dan penerapan konsep-konsep *IoT*. Evaluasi menyeluruh terhadap solusi yang diusulkan sangat penting guna mengidentifikasi dan meminimalkan kelemahan, sambil memperkuat keunggulan yang dimiliki agar solusi ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam penggunaan ESP32CAM sebagai alat media pembelajaran berbasis *IoT*.

Dalam penelitian ini yang memfokuskan pada pengembangan *trainer Internet of Things (IoT)* menggunakan NodeMCU ESP32CAM dapat diperhatikan pertumbuhan yang signifikan penggunaan teknologi *IoT* dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di lingkungan pendidikan. Namun, penggunaan ESP32CAM sebagai *trainer IoT* sebagai media pembelajaran masih dihadapkan pada beberapa tantangan, seperti kesulitan penggunaan, kurangnya panduan yang komprehensif, dan kesenjangan antara konsep dan implementasi praktis. Sebagai respons terhadap tantangan-tantangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut dengan mengembangkan solusi yang dapat meningkatkan efektivitas ESP32CAM sebagai alat media pembelajaran berbasis *IoT* di lingkungan akademis.

Dengan menerapkan pengembangan solusi yang tepat, diharapkan dapat terjadi peningkatan yang signifikan dalam aksesibilitas dan kemudahan penggunaan ESP32CAM sebagai alat *trainer* untuk *Internet of Things (IoT)*. Selain itu, diharapkan juga adanya perkembangan dalam pemahaman dan penerapan konsep-konsep *IoT* oleh para pengguna modul media pembelajaran ini. Bahwasannya dalam pengembangan solusi yang inovatif dapat membantu mengurangi kesenjangan antara teori dan praktik, meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis proyek, serta dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap efektivitas penggunaan ESP32CAM sebagai alat pembelajaran *IoT*.

2. Metodologi

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)*. Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengembangan *trainer IoT* dengan menggunakan NodeMCU ESP32CAM sebagai alat pembelajaran. Proses pengembangan *trainer* mencakup langkah-langkah analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, evaluasi, dan revisi.

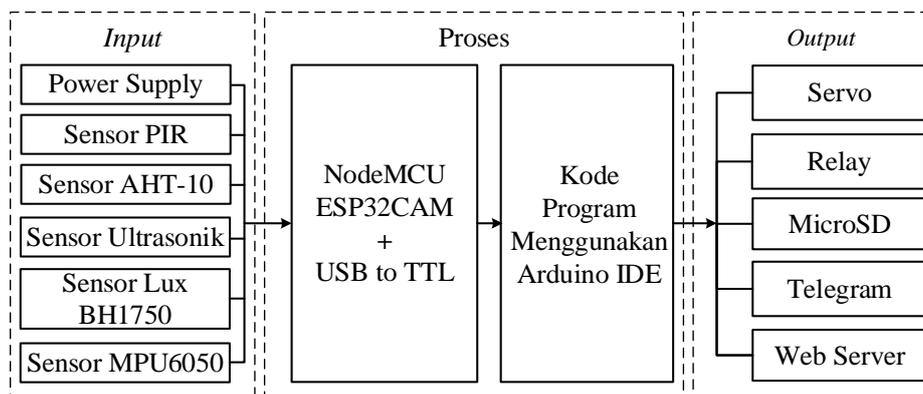


Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan mulai dari bulan Desember 2023 sampai bulan Mei 2024 bertempat di Fakultas Teknik jurusan Program Studi Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura. Penelitian ini melibatkan dua kelompok utama sebagai subjek. Kelompok pertama adalah dosen dari Fakultas Teknik, khususnya Jurusan Teknik Elektro di Universitas Trunojoyo Madura, yang berperan sebagai evaluator. Kelompok kedua terdiri dari mahasiswa Jurusan Teknik Elektro di Universitas Trunojoyo Madura, yang berfungsi sebagai responden untuk menguji efektivitas penggunaan sistem atau topik yang diteliti. Dengan melibatkan kedua kelompok ini, penelitian memperoleh perspektif dan evaluasi yang komprehensif berdasarkan keahlian dan pengalaman praktis.

2.1 Perancangan Sistem

Bagian diagram blok sistem secara umum menyediakan penjelasan tentang bagaimana diagram blok sistem tersebut dapat diterapkan dalam penelitian.

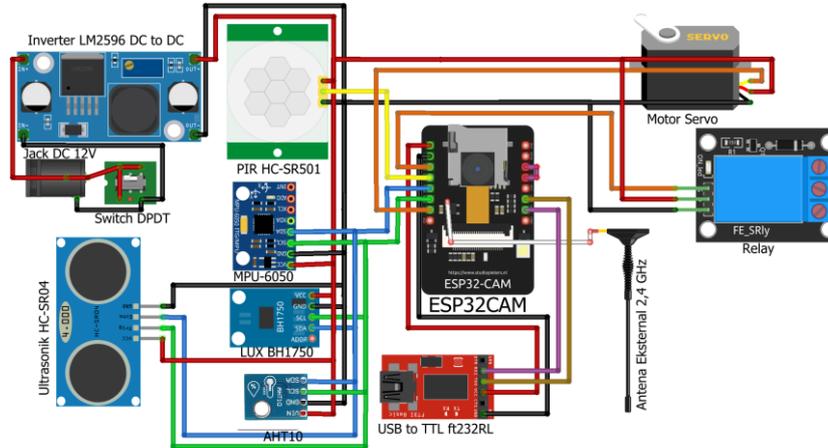


Gambar 2. Diagram Blok Sistem Secara Umum

Diagram blok pada ilustrasi di atas menggambarkan susunan sistem *trainer IoT* menggunakan NodeMCU ESP32CAM. Langkah pertama melibatkan penghubungan power supply 12V dengan *inverter* LM2596 DC-DC untuk mengubah daya menjadi sebesar 5V, yang kemudian didistribusikan ke beberapa sensor, aktuator, serta NodeMCU ESP32CAM yang membutuhkan tegangan 5V. Daya yang tidak melalui inverter disalurkan ke perangkat lain yang membutuhkan tegangan 12V. Dalam *trainer IoT* ini, proses dimulai dengan penerimaan *input* dari power supply dan berbagai jenis sensor yang kemudian terhubung ke NodeMCU ESP32CAM. Selanjutnya, program diproses di NodeMCU ESP32CAM melalui platform Arduino IDE setelah terhubung ke USB to TTL FT232RL untuk mengunggah program yang telah dibuat. Setelah proses pemrograman berhasil, langkah selanjutnya adalah tahap *output*. Hasil *output* ini bisa ditampilkan melalui berbagai aktuator yang dapat digunakan untuk operasi, atau berupa gambar maupun video yang disimpan di MicroSD, serta melalui platform seperti

Telegram dan webserver. Antena eksternal digunakan untuk meningkatkan kecepatan konektivitas jaringan pada ESP32CAM agar lebih lancar.

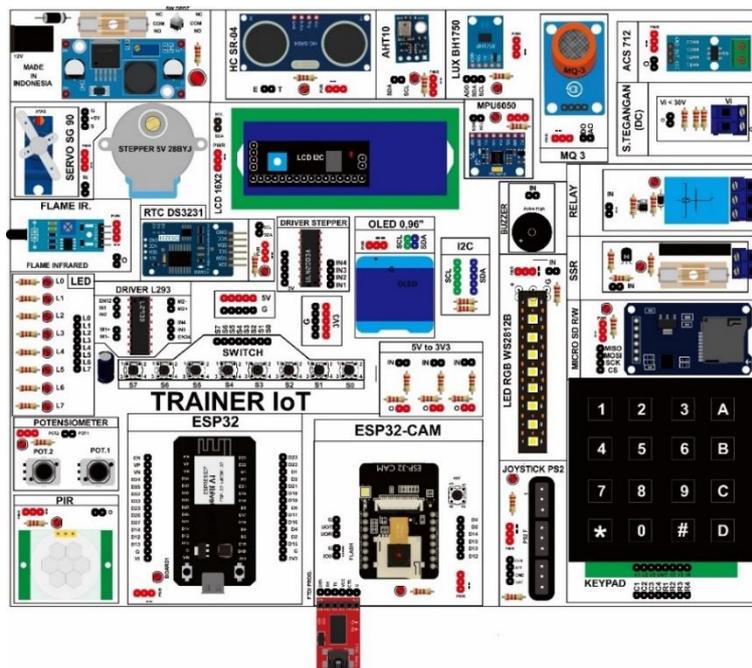
Berikut adalah desain skematik diagram alir sistem secara keseluruhan yang digunakan dalam penelitian perancangan *trainer IoT* dengan menggunakan NodeMCU ESP32CAM.



Gambar 3. Skema Diagram Alur Sistem

Dalam gambar di atas menunjukkan bahwa diagram alir yang menjelaskan aliran koneksi port-pin perangkat keras serta memberikan gambaran tentang proses kerja sistem secara keseluruhan beroperasi. Pada gambar tersebut, sistem menggunakan NodeMCU ESP32CAM sebagai inti atau kontrol pusat dari sistem ini, yang dihubungkan dengan USB to TTL atau FTDI untuk memuat program ke dalamnya. Terdapat berbagai *input* yang terlihat, termasuk power supply sebagai sumber daya, serta berbagai jenis sensor seperti sensor PIR, sensor AHT10, sensor ultrasonik, sensor lux BH1750 dan sensor MPU6050 yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan dalam berbagai bentuk energi. Sementara itu, pada *output* terdapat berbagai jenis aktuator seperti relay digunakan untuk mengendalikan daya pada beban dan terdapat servo pada sistem ini sebagai pengontrol gerakan. Hal ini, memeberikan gambaran umum tentang komponen yang digunakan dan bagaimana interkoneksi antara komponen-komponen tersebut diatur dalam sistem.

Dalam perancangan desain sistem board ini dilakukan dengan upaya untuk mencapai tampilan sistem yang baik, menarik serta memudahkan pengoperasian sistem secara efisien. Berikut tampilan dari desain sistem yang dirancang.



Gambar 4. Desain Board Rancangan Sistem

Pada gambar di atas, terlihat model sistem beserta tata letak komponen pada board yang digunakan. Gambar tersebut memperlihatkan berbagai komponen yang digunakan dalam perancangan sistem *trainer IoT* menggunakan NodeMCU ESP32CAM. Board yang digunakan dalam penelitian ini meliputi NodeMCU ESP32CAM, USB to TTL (FTDI), beberapa sensor seperti sensor PIR, sensor AHT10, sensor Lux BH1750, dan sensor MPU6050. Selain itu, terdapat beberapa komponen aktuator, termasuk relay dan servo. Terdapat juga komponen-komponen lain yang bisa digunakan untuk penelitian lebih lanjut. Dengan menunjukkan tata letak komponen-komponen tersebut, gambar ini memberikan gambaran secara rinci tentang struktur dan susunan perangkat pada board yang digunakan dalam penelitian.

2.2 Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan menggunakan kuesioner atau angket yang berfungsi sebagai alat untuk memperoleh pandangan dan tanggapan dari para responden. Metode ini terbukti efektif karena dapat menyampaikan pertanyaan dan pernyataan tertulis kepada responden untuk mendapatkan informasi dan evaluasi terhadap penggunaan media pembelajaran menggunakan *trainer IoT* yang dikembangkan dalam penelitian ini. Melalui pendekatan ini, penelitian bisa secara sistematis menilai kelayakan media pembelajaran dan mengumpulkan berbagai perspektif yang relevan[10].

Proses pembuatan instrumen penelitian ini melibatkan penggunaan skala pengukuran dengan mengubah data kualitatif menjadi data kuantitatif yang bisa diukur. Oleh karena itu, skala Likert dipilih sebagai metode pengukurannya[11]. Dengan penggunaan skala ini, pengukuran variabel dapat dibagi menjadi beberapa aspek indikator. Indikator ini digunakan sebagai dasar untuk merancang item-item instrumen pertanyaan atau pernyataan. Tanggapan yang diberikan untuk setiap item instrumen dapat berkisar dengan rentang dari sangat setuju hingga sangat tidak setuju. Skala Likert yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai dari 1 hingga 5, yang digunakan responden untuk menilai tingkat persetujuan mereka terhadap pernyataan dalam kuesioner.

Tabel 1. Penilaian Skala Likert

PENILAIAN	KETERANGAN	SKOR
SS	Sangat Setuju	5
S	Setuju	4
KS	Kurang Setuju	3
TS	Tidak Setuju	2
STS	Sangat Tidak Setuju	1

Dalam penelitian ini, kuesioner yang digunakan untuk menilai kecocokan modul *trainer IoT* dengan menggunakan ESP32CAM harus memenuhi dua kriteria utama, yaitu validitas dan reliabilitas[12]. Validitas instrumen diukur berdasarkan kemampuannya untuk mengukur hasil yang diinginkan dengan akurat. Berikut ini dilakukan pengujian terhadap koefisien korelasi (r_{xy}) menggunakan rumus *pearson product moment*.

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (1)$$

Dengan menggunakan r_{xy} untuk mewakili koefisien korelasi antara variabel X dan Y, N untuk menunjukkan jumlah data, $\sum X$ dan $\sum Y$ sebagai total dari masing-masing variabel, $(\sum X)^2$ dan $(\sum Y)^2$ sebagai kuadrat dari total variabel, serta $\sum X^2$ dan $\sum Y^2$ total kuadrat dari masing-masing variabel, dan $\sum XY$ sebagai hasil perkalian total dari variabel X dan Y.

Pengujian reliabilitas bertujuan untuk memastikan keandalan instrument penelitian. Apabila instrumen penelitian dapat diandalkan, maka pengulangan percobaan dapat menghasilkan data yang konsisten dan dapat diandalkan. Berikut ini rumus alpha yang dapat digunakan untuk pengujian reliabilitas.

$$r_1 = \frac{n}{(n-1)} \times \left\{ 1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right\} \quad (2)$$

Dengan menggunakan r_1 sebagai faktor reliabilitas, n sebagai total item dalam instrumen, $\sum \sigma_b^2$ sebagai total variasi skor untuk setiap item, dan σ_t^2 sebagai total variasi atau kuadrat dari deviasi standar keseluruhan.

Tabel 2. Tingkat Reliabel Berdasarkan Nilai Alpha

ALPHA	TINGKAT RELIABILITAS
0 – 0,2	Sangat Kurang Reliable
>0,2 – 0,4	Kurang Reliable
0,401 – 0,600	Cukup Reliable
0,601 – 0,800	Reliable
0,801 – 1,000	Sangat Reliable

Setelah melakukan pengumpulan data melalui kuesioner, langkah selanjutnya adalah menilai setiap item dalam instrumen dan menghitung rata-rata dari skor tersebut menggunakan rumus yang telah ditentukan sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3)$$

Dengan menggunakan \bar{X} untuk melambangkan nilai rata-rata skor, $\sum X$ untuk menggambarkan total skor dari para responden, dan n sebagai jumlah item pada instrumen.

Setelah mendapatkan nilai rata-rata, langkah berikutnya adalah mengonversi angka tersebut menjadi bentuk persentase. Dalam tahap ini, semua jawaban peserta dikalikan dengan skala Likert dan dimasukkan dalam rumus yang telah ditentukan. Setelah mendapatkan nilai rata-rata, tahap selanjutnya adalah mengubah hasil perhitungan tersebut menjadi persentase. Pada tahap ini, respon dari setiap responden dihitung dengan mengalikan jumlah jawaban dengan nilai skor pada skala Likert, lalu dimasukkan ke dalam rumus persentase kelayakan yang telah ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Persentase kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang didapat}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\% \quad (3)$$

Langkah terakhir, menentukan kelayakan dari hasil persentase yang telah didapatkan dengan menyesuaikan pada tabel kategori persentase kelayakan dibawah ini.

Tabel 3. Kategori Persentase Kelayakan

PERSENTASE KELAYAKAN (%)	KATEGORI
80,1 – 100	Sangat Layak
60,1 – 80	Layak
40,1 – 60	Cukup Layak
20,1 – 40	Kurang Layak
0 – 20	Tidak Layak

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melalui tahap-tahap penelitian, peneliti berhasil merancang sebuah *trainer Internet of Things (IoT)* sebagai alat pembelajaran yang menggunakan NodeMCU ESP32CAM. Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pengembangan media pembelajaran yang inovatif dan interaktif dalam bidang *IoT*. Pada bagian ini, membahas hasil perancangan perangkat pembelajaran serta modul praktikum. Selain itu, bagian ini juga mengulas hasil pengujian *trainer IoT* menggunakan ESP32CAM serta respons dari responden yang telah ditetapkan, guna mengevaluasi efektivitas dan pemahaman dalam menggunakan perangkat pembelajaran.

3.1 Hasil Realisasi Perancangan Sistem

Hasil implementasi perancangan menunjukkan desain board sistem dengan dimensi akhir PCB sebesar 210 mm x 260 mm. Gambar berikut memperlihatkan hasil akhir dari perancangan tersebut. Pengemasan *trainer IoT* dalam koper hardcase dengan ukuran 280 mm x 75 mm x 230 mm bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam pengangkutan serta perlindungan bagi perangkat dan komponen-komponennya. Gambar berikut menunjukkan hasil akhir dari perancangan tersebut.



Gambar 5. Tampilan Dalam Perancangan *Trainer IoT*



Gambar 6. Tampilan Luar Perancangan *Trainer IoT*

3.2 Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran adalah bagian dari bahan ajar dalam praktikum *trainer IoT* berbasis ESP32CAM, yang meliputi petunjuk penggunaan dan lembar kerja. Pengembangan modul ini didasarkan pada tahap desain, yang mencakup pendahuluan, petunjuk penggunaan *trainer IoT* menggunakan ESP32CAM, lembar kerja, dan lembar data teknis. Lembar kerja dalam modul ini terdiri dari lima bagian, yaitu: 1) Pengenalan dasar ESP32CAM, 2) Menyimpan gambar melalui kartu microSD, 3) Mengakses sensor melalui bot Telegram, 4) Mengakses aktuator menggunakan ESP32CAM, dan 5) OpenCV.js sebagai deteksi dan pelacakan warna.



Gambar 7. Buku Modul Pembelajaran

3.3 Hasil Uji Coba Produk

Data dan temuan yang relevan yang terkandung dalam hasil pengujian produk melibatkan evaluasi kinerja, kualitas, dan keamanan produk tersebut. Beberapa aspek penting yang dibahas dalam hasil pengujian produk adalah sebagai berikut:

A. Aspek Indikator Penilaian

Indikator penilaian adalah ukuran atau tanda yang digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana tujuan tertentu tercapai. Dalam konteks uji coba produk atau validitas instrumen, aspek indikator penilaian mencakup berbagai elemen yang dinilai untuk memastikan bahwa produk atau instrumen tersebut memenuhi standar yang diharapkan. Berikut adalah beberapa aspek umum yang dijadikan indikator pertanyaan kuesioner.

Tabel 4. Pertanyaan Aspek Indikator Penilaian

NO	KOMPONEN PENELITIAN	INDIKATOR PENELITIAN				
		SS	S	KS	TS	STS
A	KUALITAS DESAIN					
A1	Kualitas kerapian tata letak komponen					
A2	Keterbacaan keterangan dan simbol komponen					
A3	Kualitas dan kesesuaian tampilan media					
B	KUALITAS ISI DAN TUJUAN					
B1	Kepentingan terhadap pengembangan di lapangan					
B2	Kelengkapan modul praktikum					
B3	Keseimbangan antara teori dan praktik					
B4	Menumbuhkan minat/perhatian					
B5	Kesesuaian dengan situasi pengguna					
C	KUALITAS INSTRUKSIONAL					
C1	Memberikan kesempatan Belajar					
C2	Memberikan bantuan untuk belajar					
C3	Kualitas memotivasi belajar					
C4	Kemudahan penggunaan					
C5	Dapat memberikan dampak bagi pengguna					

B. Uji Validitas Ahli

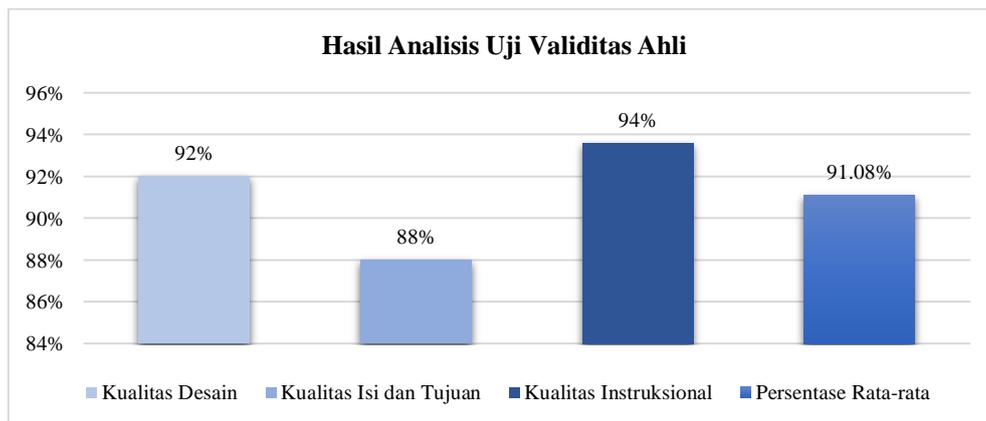
Uji validitas ahli melibatkan partisipasi dari pakar atau ahli dalam bidang terkait untuk mengevaluasi validitas suatu instrumen pengukuran. Tujuan utama dari uji ini adalah untuk memastikan bahwa alat ukur tersebut dapat mengukur hal yang dimaksudkan serta sesuai dengan teori atau konsep yang menjadi dasarnya. Dalam uji validitas ahli ini, kuesioner diambil dari dosen pengajar jurusan Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura dengan jumlah sebesar 5 responden. Perhitungan dilakukan untuk menentukan nilai persentase kelayakan setelah data ahli diperoleh.

Setelah menentukan persentase kelayakan, langkah selanjutnya adalah menghitung total persentase untuk setiap aspek dengan menjumlahkan semua persentase dari masing-masing aspek dan kemudian membaginya dengan jumlah butir aspek yang ada. Berikut ini adalah hasil pengumpulan data skor penilaian yang digunakan untuk mencari persentase validasi ahli.

Tabel 5. Skor Penilaian Uji Validitas Ahli

NO	ASPEK PENILAIAN	NOMOR BUTIR	JUMLAH SKOR	SKOR MAKSIMAL	PERSENTASE
1	Kualitas Desain	A1	23	25	92%
		A2	23	25	92%
		A3	23	25	92%
		Jumlah	110	125	
Total Persentase Aspek Kualitas Desain					88%
2	Kualitas Isi dan Tujuan	B1	22	25	88%
		B2	22	25	88%
		B3	22	25	88%
		B4	23	25	92%
		B5	21	25	84%
		Jumlah	110	125	
Total Persentase Aspek Kualitas Isi dan Tujuan					88%
3	Kualitas Instruksional	C1	22	25	88%
		C2	23	25	92%
		C3	24	25	96%
		C4	23	25	92%
		C5	25	25	100%
		Jumlah	117	125	
Total Persentase Aspek Kualitas Instruksional					93,6%
JUMLAH KESELURUHAN			296	325	
PERSENTASE RATA-RATA					91,08%

Berdasarkan evaluasi oleh para ahli, ditemukan bahwa aspek kualitas desain memperoleh nilai 92%, sementara kualitas isi dan tujuan mencapai 88%, dan kualitas instruksional mencapai 93,6%. Secara keseluruhan, rata-rata persentase sebesar 91,08%. Berdasarkan perolehan nilai-nilai ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan modul *trainer IoT* sebagai bahan ajar dinilai sangat layak sesuai dengan tabel penilaian yang digunakan.



Gambar 8. Hasil Uji Validitas Ahli

C. Uji Validitas Instrumen

Dalam pengujian produk, uji validitas digunakan untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh mencerminkan kinerja dan karakteristik sebenarnya dari produk yang diuji. Uji validitas dilakukan untuk mengukur tingkat kepuasan dengan 13 item pertanyaan kepada 45 responden pengguna dari mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura. Dalam pengujian ini, digunakan nilai signifikan sebesar 5% untuk menentukan nilai validitas. Koefisien korelasi antara variabel X dan variabel Y dapat dihitung menggunakan formula rumus yang diberikan berikut.

$$r_{xy} = \frac{45 \times 11480 - (201) \times (2552)}{\sqrt{\{45 \times 909 - (40401)\} \{45 \times 145728 - (6512704)\}}}$$

$$r_{xy} = 0,765532$$

Dengan mempertimbangkan nilai tabel *r product moment* dengan sampel N = 45 dan tingkat signifikansi 5%, diperoleh nilai *r*_{tabel} sebesar 0,294. Sebuah instrumen dinyatakan valid apabila nilai *r*_{hitung} (*r*_{xy}) sama dengan atau lebih besar dari *r*_{tabel}. Dalam perhitungan sebelumnya, ditemukan bahwa nilai *r*_{hitung} adalah 0,765532, yang menandakan bahwa butir pertama dianggap valid karena hubungannya *r*_{xy} lebih besar atau sama dengan 0,294.

Dibawah ini adalah hasil analisis menggunakan perangkat lunak IBM SPSS, menunjukkan data dari 45 responden pengguna *trainer IoT* dari mahasiswa Program Studi Teknik Elektro di Universitas Trunojoyo Madura secara keseluruhan.

		Correlations														
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	Total	
A1	Pearson Correlation	1	,546**	,343*	,375*	,451**	,508**	,404**	,471**	,592**	,510*	,483**	,509*	,535**	,766**	
	Sig. (2-tailed)		,000	,021	,011	,002	,000	,006	,001	,000	,000	,001	,000	,000	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
A2	Pearson Correlation	,546**	1	,290	,453**	,354*	,410**	,129	,274	,331*	,331*	,161	,246	,441**	,553**	
	Sig. (2-tailed)	,000		,053	,002	,017	,005	,397	,068	,026	,026	,291	,103	,002	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
A3	Pearson Correlation	,343*	,290	1	,426**	,383*	,368**	,539**	,415**	,163	,163	,292	,287	,383**	,583**	
	Sig. (2-tailed)	,021	,053		,004	,009	,013	,000	,005	,285	,285	,052	,056	,009	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
B1	Pearson Correlation	,375*	,453**	,426**	1	,451**	,212	,200	,386**	,263	,345*	,335*	,418**	,451**	,596**	
	Sig. (2-tailed)	,011	,002	,004		,002	,162	,188	,009	,081	,020	,024	,004	,002	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
B2	Pearson Correlation	,451**	,354*	,383*	,451**	1	,489**	,225	,457**	,339*	,415**	,535**	,272	,531**	,675**	
	Sig. (2-tailed)	,002	,017	,009	,002		,001	,137	,002	,023	,005	,000	,071	,000	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
B3	Pearson Correlation	,508**	,410**	,368**	,212	,489**	1	,385**	,359*	,400**	,468**	,373*	,196	,420**	,651**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,005	,013	,162	,001		,009	,015	,007	,001	,012	,197	,004	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
B4	Pearson Correlation	,404**	,129	,539**	,200	,225	,385**	1	,479*	,372*	,372*	,473*	,194	,480**	,625**	
	Sig. (2-tailed)	,006	,397	,000	,188	,137	,009		,001	,012	,012	,001	,201	,001	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
B5	Pearson Correlation	,471**	,274	,415**	,386**	,457**	,359*	,479**	1	,434**	,513**	,728**	,399**	,536**	,744**	
	Sig. (2-tailed)	,001	,068	,005	,009	,002	,015	,001		,003	,000	,000	,007	,000	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
C1	Pearson Correlation	,592**	,331*	,163	,263	,339*	,400**	,372*	,434**	1	,848**	,582**	,385**	,415**	,705**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,026	,285	,081	,023	,007	,012	,003		,000	,000	,009	,005	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
C2	Pearson Correlation	,510*	,331*	,163	,345*	,415**	,468**	,372*	,513**	,848**	1	,718**	,302*	,415**	,740**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,026	,285	,020	,005	,001	,012	,000	,000		,000	,044	,005	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
C3	Pearson Correlation	,483**	,161	,292	,335*	,535**	,373*	,473**	,728**	,582**	,718**	1	,347*	,466**	,756**	
	Sig. (2-tailed)	,001	,291	,052	,024	,000	,012	,001	,000	,000	,000		,020	,001	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
C4	Pearson Correlation	,509**	,246	,287	,418**	,272	,196	,194	,399*	,385**	,302*	,347*	1	,442**	,560**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,103	,056	,004	,071	,197	,201	,007	,009	,044	,020		,002	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
C5	Pearson Correlation	,535**	,441**	,383*	,451**	,531**	,420**	,480**	,536**	,415**	,415**	,466**	,442**	1	,746**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,002	,009	,002	,000	,004	,001	,000	,005	,005	,001	,002		,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Total	Pearson Correlation	,766**	,553**	,583**	,596**	,675**	,651**	,625**	,744**	,705**	,740**	,756**	,560**	,746**	1	
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar 9. Hasil Uji Validitas Instrumen Menggunakan SPSS

Berdasarkan analisis evaluasi validitas yang dilakukan menggunakan rumus perhitungan dan perangkat lunak SPSS, dapat disimpulkan bahwa semua item instrumen tersebut dinyatakan valid dengan tingkat signifikansi sebesar 5%. Rincian lebih lanjut dapat ditemukan dalam tabel yang terlampir dibawah ini.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Uji Validitas Instrumen

BUTIR	R		KETERANGAN	BUTIR	R		KETERANGAN
	HITUNG	TABEL			HITUNG	TABEL	
A1	0,765532	0,294	Valid	B5	0,74418	0,294	Valid
A2	0,552894	0,294	Valid	C1	0,705156	0,294	Valid
A3	0,583282	0,294	Valid	C2	0,73995	0,294	Valid
B1	0,595554	0,294	Valid	C3	0,756076	0,294	Valid
B2	0,675456	0,294	Valid	C4	0,559682	0,294	Valid
B3	0,650872	0,294	Valid	C5	0,746123	0,294	Valid
B4	0,624992	0,294	Valid				

D. Uji Reabilitas Instrumen

Pentingnya pengujian ini adalah untuk memverifikasi bahwa alat tersebut menghasilkan data yang dapat dipercaya dan tidak terpengaruh oleh kesalahan acak. Perhitungan uji reliabilitas instrumen dapat diasumsikan dalam perhitungan sebagai berikut.

$$r_1 = \frac{13}{(13-1)} x \left\{ 1 - \frac{3,92424242}{22,7555556} \right\}$$

$$r_1 = 0,89651027$$

Sedangkan hasil yang diperoleh dari pengujian realibilitas menggunakan perangkat lunak SPSS menunjukkan nilai-nilai sebagai berikut.

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	45	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	45	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,897	13

Gambar 11. Hasil Uji Realibilitas Menggunakan SPSS

Gambar 10. Hasil Uji Item Menggunakan SPSS

Berdasarkan perhitungan di atas, hasil yang diperoleh dari r_1 adalah 0,897. Dalam tabel tingkat reliabilitas, nilai alpha menunjukkan bahwa instrumen penelitian ini termasuk dalam kategori yang sangat reliabel, sehingga nilai-nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa instrumen tersebut dapat dipercaya dan memiliki konsistensi yang baik dalam mengukur variabel yang diinginkan.

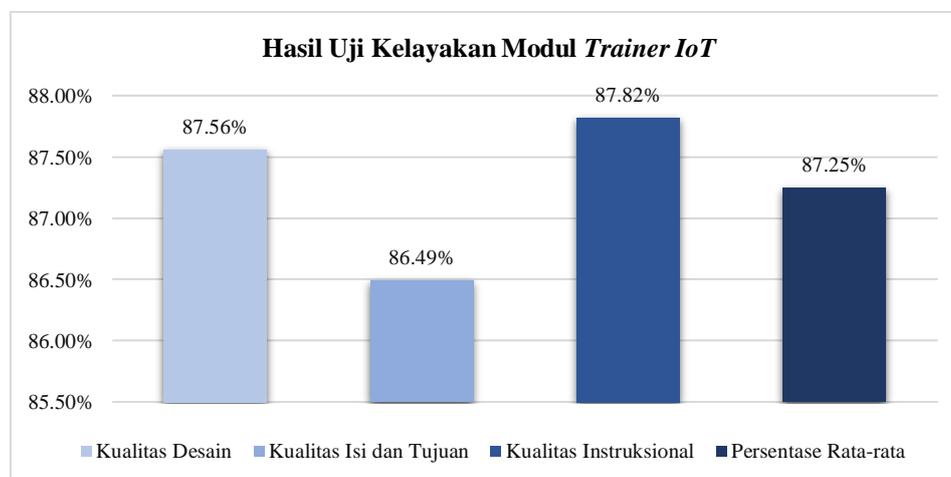
E. Uji Kelayakan Modul *Trainer IoT*

Pengujian kelayakan modul *trainer* merupakan suatu proses evaluasi yang bertujuan untuk menilai modul *trainer*, dalam hal ini yang berkaitan dengan pengembangan *trainer Internet of Things (IoT)*, layak digunakan sebagai bahan ajar. Dalam pengujian ini, 45 mahasiswa dari jurusan Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura diminta untuk mengisi kuesioner. Penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan tiga elemen utama, yaitu evaluasi aspek kualitas desain, evaluasi aspek kualitas isi dan tujuan, serta evaluasi aspek kualitas instruksional. Setelah mendapatkan persentase kelayakan untuk masing-masing aspek, langkah selanjutnya adalah menghitung total persentase dengan menjumlahkan nilai persentase dari semua aspek dan kemudian membaginya dengan jumlah aspek yang dievaluasi. Data hasil pengujian kelayakan modul *trainer IoT* dalam tabel yang tersedia berikut.

Tabel 7 Hasil Uji Kelayakan Modul *Trainer IoT*

NO	ASPEK PENILAIAN	NOMOR BUTIR	JUMLAH SKOR	SKOR MAKSIMAL	PERSENTASE
1	Kualitas Desain	A1	201	225	89,33%
		A2	191	225	84,89%
		A3	199	225	88,44%
	Jumlah		591	675	
Total Persentase Aspek Kualitas Desain					87,56%
2	Kualitas Isi dan Tujuan	B1	201	225	89,33%
		B2	192	225	85,33%
		B3	191	225	84,89%
		B4	193	225	85,78%
		B5	196	225	87,11%
Jumlah		973	1125		
Total Persentase Aspek Kualitas Isi dan Tujuan					86,49%
3	Kualitas Instruksional	C1	201	225	89,33%
		C2	201	225	89,33%
		C3	196	225	87,11%
		C4	198	225	88%
		C5	192	225	85,33%
Jumlah		988	1125		
Total Persentase Aspek Kualitas Instruksional					87,82%
JUMLAH KESELURUHAN			2552	2926	
PERSENTASE RATA-RATA					87,25%

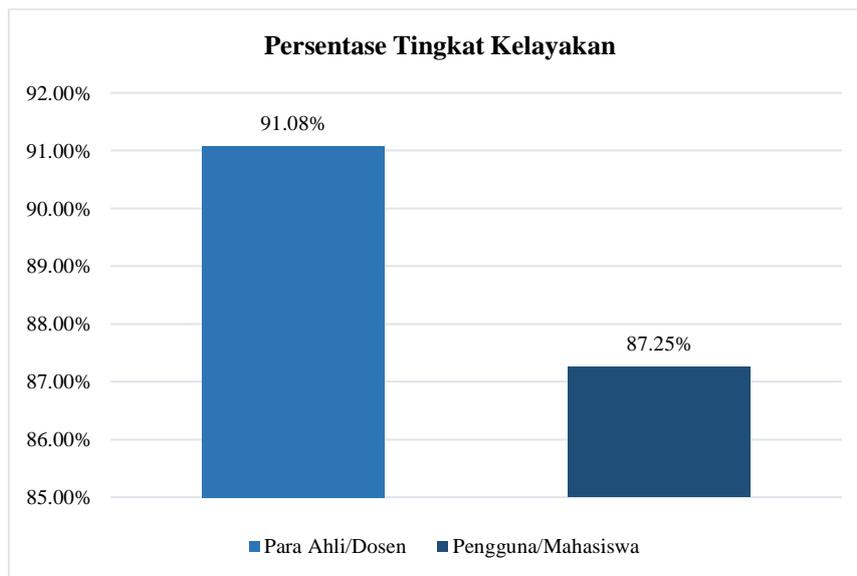
Hasil yang didapatkan pada penilaian oleh pengguna/mahasiswa terhadap media pembelajaran mencakup evaluasi terhadap tiga hal, yaitu desain, isi dan tujuan, serta instruksional. Berdasarkan hasil penilaian, ditemukan bahwa rata-rata persentase kualitas desain adalah 87,56%, isi dan tujuan adalah 86,49%, dan instruksional adalah 87,82%. Semua aspek elemen ini dinilai sangat layak berdasarkan kategori tabel persentase kelayakan yang digunakan. Oleh karena itu, rata-rata penilaian keseluruhan oleh pengguna/mahasiswa adalah 87,25%, juga masuk dalam kategori sangat layak.



Gambar 12. Hasil Analisis Uji Kelayakan Modul *Trainer IoT*

F. Kajian Produk Akhir

Dalam tahap evaluasi akhir produk dan penilaian sesuai dengan prosedur pengembangan yang telah ditetapkan, media pembelajaran *trainer IoT* yang menggunakan NodeMCU ESP32CAM dinilai untuk menentukan kelayakannya, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, tingkat kelayakan media pembelajaran ini dicatat dalam tabel yang memuat persentase kategori kelayakan. Evaluasi dari para ahli atau dosen pengajar menunjukkan hasil sebesar 91,08%, sementara evaluasi dari pengguna atau mahasiswa mencapai 87,25%. Dengan mempertimbangkan kedua hasil evaluasi tersebut, media pembelajaran *trainer IoT* dengan menggunakan NodeMCU ESP32CAM dapat dikategorikan sebagai sangat layak. Namun demikian, meskipun hasilnya memuaskan, masih ditemukan beberapa area yang perlu perbaikan, seperti penulisan, isi modul praktikum, dan pengembangan tata letak komponen dalam *trainer IoT*.



Gambar 13. Persentase Tingkat Kelayakan Produk Akhir

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan mengenai media pembelajaran *trainer IoT* menggunakan NodeMCU ESP32CAM menghasilkan kesimpulan yang dapat ditarik bahwa: (1) Pengembangan *trainer IoT* berbasis NodeMCU ESP32CAM berhasil menciptakan sebuah media pembelajaran yang efektif. *Trainer ini* didesain untuk menyampaikan pemahaman yang mendalam tentang konsep dasar *IoT* serta mampu menerapkan teori dalam proyek-praktek; (2) *Trainer* yang dibuat memiliki peran penting dalam meningkatkan pemahaman tentang *IoT* menggunakan ESP32CAM. Pengguna dapat melakukan berbagai simulasi proyek *IoT*, dari pemantauan lingkungan hingga aplikasi keamanan, membantu menyatukan teori dan praktik dalam pembelajaran; (3) Penelitian ini juga menawarkan beberapa solusi inovatif untuk mengatasi kesenjangan antara konsep dan praktik dalam penggunaan ESP32CAM, termasuk penyediaan buku modul praktis dan panduan langkah demi langkah untuk mendukung pembelajaran berbasis proyek yang lebih efektif dan kreatif; (4) Media pembelajaran *trainer IoT* menggunakan NodeMCU ESP32CAM dinilai sangat layak, dengan tingkat kelayakan 91,08% dari penilaian para ahli dan 87,25% dari penilaian pengguna; (5) Meskipun berhasil dalam pengembangan *trainer ini*, penelitian juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan, seperti fokus pada penggunaan NodeMCU ESP32CAM dan keterbatasan waktu penelitian yang mempengaruhi kedalaman pengujian. Namun, hal ini membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut, baik dari segi teknis maupun penerapan di dunia nyata.

Ucapan Terima Kasih

Saya ucapkan rasa syukur kepada kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah-Nya berupa hikmah, taufik, dan rahmat sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan lancar. Saya juga menyatakan apresiasi kepada Bapak Achmad Fiqhi Ibadillah, S.T., M.Sc., sebagai Koordinator Program Studi Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura yang juga menjabat sebagai pembimbing utama, kepada Bapak Achmad Ubaidillah Ms., S.T., M.T., sebagai pembimbing kedua, serta kepada Bapak Hanifudin Sukri, S.Kom., M.Kom., Ibu Diana Rahmawati, S.T., M.T., dan Bapak Riza Alfita, S.T., M.T., sebagai penguji. Saya tak lupa berterima kasih kepada orang tua dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam perjalanan penelitian ini hingga selesai.

Referensi

- [1] I. Olivia Christine Pangaribuan, "Media Cetak Indonesia di Era Revolusi Industri 4.0," *J. Pewarta Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 119–130, 2019.
- [2] R. Hidayat, F. Y. Limpraptono, and M. Ardita, "Rancang Bangun Alat Absensi Karyawan menggunakan RFID dan ESP32Cam Berbasis Internet of Things," *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 1, pp. 137–145, 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i1.4913.
- [3] B. Budiyo, "Inovasi Pemanfaatan Teknologi Sebagai Media Pembelajaran di Era Revolusi 4.0," *J. Kependidikan J. Has. Penelit. dan Kaji. Kepustakaan di Bid. Pendidikan, Pengajaran dan Pembelajaran*, vol. 6, no. 2, p. 300, 2020, doi: 10.33394/jk.v6i2.2475.
- [4] S. Nurfadillah and C. R. Azhar, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sd Negeri Pinang 1," vol. 3, no. April, pp. 153–163, 2021.
- [5] C. W. Hoerudin, "Strategi Meningkatkan Mutu Pembelajaran Bahasa Indonesia dengan Pemanfaatan Media Pembelajaran," *J. Al-Amar*, vol. 4, no. 1, pp. 36–47, 2023.
- [6] D. Wara and B. Suprianto, "Pengembangan Trainer Internet of Things Berbasis Mikrokontroler Esp32 Pada Mata Pelajaran Pemrograman, Mikroprosesor Dan Mikrokontroler Di Smk Negeri 2 Surabaya," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 02, pp. 103–112, 2021, doi: 10.26740/jpte.v10n02.p103-112.
- [7] H. Artanto, "Trainer Iot Berbasis Esp8266 Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Komunikasi Data Dan Interface Di Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Uny," Universitas Negeri Yogyakarta, 2018.
- [8] W. Bagye, I. Purwata, M. Ashari, and S. Saikin, "Perancangan Alat Penangkap Gambar Pelaku Kejahatan Berbasis Node MCU ESP32 CAM," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 36–40, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.16871.
- [9] S. Keamanan and R. Berbasis, "Sistem keamanan rumah berbasis esp32-cam dan telegram sebagai notifikasi," vol. 8, no. 1, pp. 30–38, 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.1.2291.
- [10] N. Made Intan Asri Devi, "Pengembangan Media Pembelajaran Puzzle Angka untuk Meningkatkan Kemampuan Mengenal Lambang Bilangan," *J. Ilm. Pendidik. Profesi Guru*, vol. 3, no. 3, pp. 417–428, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.23887/jippg.v3i3>
- [11] M. Waruwu, "Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, no. 1, pp. 2896–2910, 2023.
- [12] F. Dewi, P. Anggraini, V. Ana, V. Setyawati, U. Dian, and N. Semarang, "Pembelajaran Statistika Menggunakan Software SPSS untuk Uji Validitas dan Reliabilitas," vol. 6, no. 4, pp. 6491–6504, 2022.