

ANALISIS KINERJA SISTEM MONITORING KONSUMSI BAHAN BAKAR, ESTIMASI JARAK TEMPUH, DAN JAM KERJA EXCAVATOR BERBASIS IoT MENGGUNAKAN ESP32 DAN SENSOR ULTRASONIK

PERFORMANCE ANALYSIS OF AN IOT-BASED EXCAVATOR FUEL CONSUMPTION MONITORING, TRAVEL DISTANCE ESTIMATION, AND OPERATING HOURS SYSTEM USING ESP32 AND ULTRASONIC SENSOR

Rizka Albar¹, Juanda Nargaza², M. Bayu Wibawa³, Zaki Fuad Ar-Ridha⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Sistem Informasi

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ubudiyah Indonesia, Banda Aceh

E-mail : albar@uui.ac.id, juanda@uui.ac.id, mbayuw@uui.ac.id, zakifuad.mhs@uui.ac.id

Abstrak - Pengelolaan konsumsi bahan bakar dan pencatatan jam kerja excavator yang masih dilakukan secara manual berpotensi menimbulkan ketidakakuratan data, keterlambatan pengambilan keputusan, serta kesulitan dalam pengawasan operasional alat berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem Internet of Things (IoT) dalam melakukan monitoring konsumsi bahan bakar, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator secara *real-time* menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* yang meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan sistem, pembuatan *prototype*, pengujian, dan analisis kinerja sistem. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian cairan sebagai representasi bahan bakar, serta aplikasi *Blynk* sebagai media monitoring berbasis Android. Pengujian dilakukan menggunakan wadah simulasi dengan tinggi 30 cm dan jarak sensor ke dasar wadah sebesar 32 cm, sedangkan hasil pengukuran aktual pada *prototype* digunakan sebagai dasar penyesuaian parameter sistem. Untuk kebutuhan simulasi, setiap perubahan ketinggian cairan sebesar 1 cm direpresentasikan sebagai 1 liter bahan bakar. Kinerja sistem dianalisis berdasarkan kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan ketinggian cairan, perhitungan *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, estimasi jarak tempuh, pencatatan jam kerja, serta keberhasilan transmisi data secara *real-time* ke aplikasi *Blynk*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, jam kerja, estimasi jarak tempuh, dan status koneksi secara *real-time*. Sistem juga mampu mengolah perubahan ketinggian cairan menjadi informasi konsumsi bahan bakar dan estimasi jarak tempuh serta mencatat durasi aktif ESP32 sebagai jam kerja. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa *prototype* dapat menjalankan fungsi monitoring sesuai dengan rancangan dan dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem monitoring operasional excavator berbasis IoT.

Kata Kunci : Internet of Things (IoT), ESP32, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Monitoring Bahan Bakar, *Fuel Consumed*, Jam Kerja Excavator, Estimasi Jarak Tempuh, *Blynk*.

Abstrac - Manual management of fuel consumption and recording of excavator operating hours may result in data inaccuracies, delays in decision-making, and difficulties in monitoring heavy equipment operations. This study aims to **analyze the performance of an Internet of Things (IoT)-based system** for real-time monitoring of fuel consumption, travel distance estimation, and excavator operating hours using an ESP32 microcontroller and an HC-SR04 ultrasonic sensor. The research method employed was Research and Development (R&D), consisting of problem identification, data collection, system design, prototype development, testing, and system performance analysis. The system uses ESP32 as the main controller, an HC-SR04 ultrasonic sensor to detect liquid level as a representation of fuel level, and the Blynk application as an Android-based monitoring platform. Testing was conducted using a 30 cm-high simulation container with a sensor-to-bottom distance of 32 cm, while the actual measurement results obtained from the prototype were used as the basis for adjusting the system parameters. For simulation purposes, each 1 cm change in liquid level was represented as 1 liter of fuel. System performance was analyzed based on the sensor's ability to detect changes in liquid level, calculate Fuel Level, Fuel Consumed, estimated travel distance, operating hours, and successfully transmit data to the Blynk application in real time. The results show that the system is capable of monitoring Fuel Level, Fuel Consumed, operating hours, estimated travel distance, and connection status in real time. The system can also process changes in liquid level into fuel consumption and estimated travel distance information and record the ESP32 active duration as operating hours. The test results indicate that the developed prototype can perform the monitoring functions according to the designed specifications and can serve as a basis for developing an IoT-based excavator operational monitoring system.

Keywords: Internet of Things (IoT), ESP32, HC-SR04 Ultrasonic Sensor, Fuel Monitoring, Fuel Consumed, Excavator Operating Hours, Travel Distance Estimation, Blynk.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong penerapan *Internet of Things* (IoT) pada berbagai bidang industri. IoT memungkinkan perangkat fisik yang dilengkapi sensor dan mikrokontroler untuk mengumpulkan, mengolah, dan mengirimkan data melalui jaringan internet sehingga kondisi suatu objek dapat dipantau secara *real-time*. Penerapan teknologi tersebut memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi monitoring, mempercepat penyampaian informasi, dan mendukung pengambilan keputusan berdasarkan data. Pada bidang peralatan industri dan alat berat, teknologi IoT telah dimanfaatkan untuk melakukan pemantauan kondisi mesin dan parameter operasional secara jarak jauh. Penelitian terkait *Industrial Internet of Things* juga menunjukkan bahwa mekanisme monitoring berbasis IoT dapat digunakan untuk mendukung pemantauan dan pemeliharaan peralatan secara *real-time*.

Excavator merupakan salah satu jenis alat berat yang banyak digunakan pada kegiatan konstruksi, pertambangan, dan berbagai pekerjaan yang membutuhkan aktivitas penggalian, pemindahan, serta pengangkutan material. Dalam operasionalnya, ketersediaan bahan bakar dan durasi penggunaan alat merupakan parameter penting yang berkaitan dengan efisiensi operasional. Pemantauan bahan bakar dan *running hour* yang masih dilakukan secara manual dapat menyebabkan keterlambatan memperoleh informasi serta menyulitkan proses evaluasi penggunaan alat. Penelitian pada alat berat sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring *running hour* dan temperatur berbasis IoT untuk membantu memperoleh informasi penggunaan alat dan mendukung kegiatan pemeliharaan.

Permasalahan monitoring bahan bakar juga menjadi perhatian pada pengembangan sistem IoT untuk alat berat. Penelitian mengenai monitoring penggunaan bahan bakar pada unit alat berat menunjukkan bahwa sistem IoT dapat digunakan untuk mengirimkan informasi kapasitas bahan bakar, status operasional, dan lokasi unit secara *real-time*. Sistem tersebut menggunakan mikrokontroler, sensor pendeteksi kondisi operasional, serta komunikasi jaringan untuk menyampaikan data ke sistem monitoring. Penelitian lain pada kendaraan logistik juga menunjukkan bahwa integrasi perangkat telematika dengan mikrokontroler dan dashboard dapat digunakan untuk memperoleh informasi konsumsi bahan bakar secara waktu nyata.

Selain itu, sensor ultrasonik dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk melakukan pengukuran ketinggian cairan pada wadah atau tangki. Data jarak antara sensor dan permukaan cairan dapat diproses oleh mikrokontroler untuk menghasilkan informasi mengenai ketinggian atau volume cairan. Penggunaan sensor ultrasonik yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan platform IoT juga telah diterapkan pada sistem monitoring tangki bahan bakar, dengan hasil pengukuran yang kemudian ditampilkan melalui

platform *Blynk*. Hal tersebut menunjukkan bahwa kombinasi sensor ultrasonik, mikrokontroler, dan platform IoT memiliki potensi untuk diterapkan dalam sistem monitoring bahan bakar.

Namun demikian, penelitian yang secara khusus **menganalisis kinerja sistem monitoring konsumsi bahan bakar, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator dalam satu sistem berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik** masih perlu dikembangkan. Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada monitoring kondisi mesin, bahan bakar, *running hour*, atau parameter tertentu secara terpisah. Sebagai contoh, penelitian pada *heavy equipment* telah mengembangkan monitoring temperatur, tegangan, dan parameter mesin menggunakan teknologi IoT, sedangkan penelitian lainnya mengembangkan monitoring bahan bakar dan parameter operasional alat berat dengan pendekatan perangkat dan platform yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang tidak hanya menghasilkan sistem monitoring, tetapi juga melakukan **analisis kinerja terhadap fungsi pengukuran dan penyampaian data yang dihasilkan oleh sistem**.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi perubahan ketinggian cairan yang digunakan sebagai representasi bahan bakar. Data hasil pembacaan sensor diproses menjadi informasi *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator. Selanjutnya, data dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke platform *Blynk* sehingga informasi dapat dipantau secara *real-time* melalui perangkat Android. Pendekatan penggunaan ESP32 dan *Blynk* sebagai platform monitoring juga relevan dengan pengembangan sistem monitoring berbasis IoT pada mesin dan kendaraan yang memanfaatkan mikrokontroler untuk akuisisi serta transmisi data secara waktu nyata.

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan *prototype* berupa wadah simulasi tangki bahan bakar. Parameter ketinggian cairan dikonversikan ke dalam satuan liter berdasarkan karakteristik simulasi yang telah ditetapkan. Selanjutnya, kinerja sistem dianalisis berdasarkan kemampuan sensor dalam membaca perubahan ketinggian cairan, kemampuan sistem menghitung *Fuel Level* dan *Fuel Consumed*, perhitungan estimasi jarak tempuh, pencatatan jam kerja berdasarkan durasi aktif ESP32, serta kemampuan sistem dalam mengirimkan dan menampilkan data secara *real-time* pada aplikasi *Blynk*. Dengan pendekatan tersebut, penelitian tidak hanya berfokus pada pembangunan *prototype*, tetapi juga mengevaluasi sejauh mana sistem dapat menjalankan fungsi monitoring sesuai dengan rancangan.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja sistem monitoring konsumsi bahan bakar, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Analisis dilakukan melalui pengujian terhadap fungsi pembacaan sensor, pengolahan data, perhitungan parameter monitoring, dan transmisi data ke platform

Blynk. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kinerja *prototype* sebagai alternatif sistem monitoring operasional excavator berbasis IoT serta menjadi dasar untuk pengembangan sistem pada kondisi operasional alat berat yang sebenarnya.

II. STUDI PUSTAKA

A. Excavator Tipe Sedang

Excavator merupakan alat berat yang umum digunakan dalam kegiatan konstruksi, pertambangan, dan penggalian dengan menggunakan tenaga hidrolik dan mesin diesel. Berdasarkan kapasitas operasionalnya, excavator terdiri atas kelas kecil, sedang, dan besar. **Excavator tipe sedang memiliki bobot sekitar 8–16 ton** dan banyak digunakan pada proyek konstruksi serta pekerjaan utilitas. Konsumsi bahan bakarnya dipengaruhi oleh ukuran mesin, jenis pekerjaan, kondisi medan, dan teknik pengoperasian. Pada excavator tipe sedang, konsumsi bahan bakar berkisar **10–20 liter per jam operasi**, bergantung pada intensitas dan kondisi pekerjaan (PSU Alat Berat, 2025).



Gambar 1. Excavator Tipe Sedang

B. Konsumsi Bahan Bakar Excavator

Konsumsi bahan bakar merupakan parameter penting dalam menilai efisiensi operasional excavator. Konsumsi dipengaruhi oleh ukuran mesin, beban kerja, kondisi medan, dan keterampilan operator. Semakin tinggi beban kerja dan aktivitas hidrolik, semakin besar konsumsi bahan bakar. Berdasarkan penelitian Yelli Fitri et al. (2025), konsumsi bahan bakar excavator pada operasi tambang batugamping mencapai rata-rata **19,31 liter/jam**, yang dapat menjadi gambaran empiris dalam analisis konsumsi bahan bakar excavator.

C. Kerugian Akibat Manipulasi Laporan Operator dan Upaya Pencegahannya

Manipulasi laporan operator dapat menyebabkan data operasional menjadi tidak akurat dan berdampak pada perhitungan biaya, evaluasi kinerja, serta pengelolaan alat berat. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan kerugian finansial, kesalahan pengambilan keputusan, keterlambatan pekerjaan, dan peningkatan risiko operasional.

Salah satu upaya pencegahannya adalah penggunaan teknologi monitoring otomatis yang

menghasilkan data secara objektif dan lebih sulit dimanipulasi. Selain itu, peningkatan pemahaman dan integritas operator melalui pelatihan juga diperlukan untuk mendukung keakuratan laporan operasional. Penerapan teknologi dan peningkatan kualitas sumber daya manusia secara bersama-sama dapat meningkatkan transparansi dan efisiensi operasional (Widya AI, 2025).

D. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan berbagai objek fisik melalui jaringan internet sehingga perangkat dapat saling berkomunikasi, bertukar data, serta dipantau dan dikendalikan secara otomatis (Plaza et al., 2023). IoT memanfaatkan sensor untuk menangkap kondisi lingkungan, mengubahnya menjadi data digital, dan mengirimkannya secara *real-time* ke sistem pemrosesan.

Penerapan IoT memungkinkan proses monitoring dan pengendalian perangkat dilakukan dari jarak jauh sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Dalam penerapannya, keamanan dan keandalan jaringan menjadi aspek penting karena perangkat IoT saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet (Plaza et al., 2023).

E. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan papan pengembangan berbasis mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi konektivitas **Wi-Fi dan Bluetooth** untuk mendukung aplikasi IoT. Papan ini menyediakan berbagai pin input/Output yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor dan perangkat lainnya serta kompatibel dengan Arduino IDE sehingga memudahkan proses pemrograman dan pengembangan sistem (Hasanah et al., 2025).



Gambar 2. NodeMCU ESP32

F. Ultrasonik Sensor HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur jarak berdasarkan waktu tempuh gelombang ultrasonik yang dipancarkan dan dipantulkan oleh objek (Eriyanto, 2023). Sensor ini memiliki empat pin utama, yaitu **VCC, Trig, Echo, dan GND**. Pin *Trig* digunakan untuk memancarkan gelombang ultrasonik, sedangkan pin *Echo* menerima gelombang pantulan.

Pengukuran dilakukan dengan memberikan sinyal *HIGH* pada pin *Trig* selama 10 mikrodetik. Waktu yang

dibutuhkan gelombang untuk menuju objek dan kembali ke sensor digunakan untuk menentukan jarak, dengan membagi waktu tempuh karena gelombang menempuh perjalanan pergi dan kembali (Eriyanto, 2023). Pada penelitian ini, HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian cairan sebagai dasar perhitungan *Fuel Level* dan *Fuel Consumed*.



Gambar 3. Ultrasonik Sensor HC-SR04

G. Modul Blynk

Blynk merupakan platform yang digunakan untuk menghubungkan dan mengendalikan perangkat mikrokontroler melalui jaringan internet. Platform ini menyediakan *dashboard* digital yang memungkinkan pengguna membuat antarmuka monitoring menggunakan metode *drag and drop*. Melalui *Blynk*, perangkat seperti Arduino, ESP8266, dan modul lainnya dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh selama terhubung dengan koneksi internet yang stabil (Handi, 2018).



Gambar 4. Antarmuka aplikasi Blynk

H. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan lingkungan pengembangan terpadu (*Integrated Development Environment*) yang digunakan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler. Arduino IDE memiliki antarmuka yang sederhana serta mendukung pengembangan berbagai proyek elektronika dan *Internet of Things (IoT)*. Perangkat lunak ini bersifat *open-source* dan mendukung berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux (Plaza & Ningtias, 2023).



Gambar 5. Tampilan Arduino IDE

III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* yang bertujuan menghasilkan prototipe sistem IoT untuk monitoring konsumsi bahan bakar, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator secara *real-time*. Sistem dikembangkan menggunakan ESP32 dan sensor ultrasonik untuk mengukur level bahan bakar serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring.

Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan wadah air sebagai simulasi tangki bahan bakar. Pengurangan volume air melalui kran digunakan sebagai representasi konsumsi bahan bakar selama excavator beroperasi.

B. Alat dan Bahan

Penelitian menggunakan alat dan bahan untuk membangun prototipe sistem IoT monitoring konsumsi bahan bakar, jam kerja, dan estimasi jarak tempuh excavator. Sistem menggunakan **ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, dan aplikasi Blynk** sebagai media monitoring secara *real-time*.

1. Alat

- ESP32 Dev Board** – sebagai mikrokontroler utama untuk membaca sensor, mengolah data, menghitung jam kerja dan estimasi jarak tempuh, serta mengirim data ke Blynk melalui Wi-Fi.
- Sensor Ultrasonik HC-SR04** – untuk mengukur jarak permukaan cairan pada wadah simulasi.
- Smartphone Android** – untuk menampilkan data monitoring melalui aplikasi Blynk.
- Breadboard dan Kabel Jumper** – untuk menghubungkan komponen selama perancangan dan pengujian.
- Adaptor Power Supply 5V/2A** – sebagai sumber daya ESP32 dan sensor.
- Laptop/PC** – untuk pemrograman, pengunggahan program, *debugging*, dan analisis data.

2. Bahan

- Wadah Simulasi Tangki Bahan Bakar** – sebagai media simulasi tangki bahan bakar excavator.

- b. **Air sebagai Media Simulasi** – digunakan sebagai pengganti bahan bakar dalam pengujian.
- c. **Kran Pengatur Aliran** – untuk mengatur pengurangan volume cairan sebagai simulasi konsumsi bahan bakar.
- d. **Kabel USB dan Kabel Listrik** – sebagai penghubung ESP32 dengan sumber daya dan perangkat pemrograman.
- e. **Modul Wi-Fi Terintegrasi ESP32** – untuk komunikasi data antara ESP32 dan Blynk melalui internet.
- f. **Aplikasi Blynk (Android)** – sebagai antarmuka monitoring *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, *Jam Kerja*, dan *Estimasi Jarak Tempuh*.
- g. **Arduino IDE** – digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke ESP32.

C. Blog Diagram Sistem

Blok diagram menunjukkan alur kerja sistem IoT untuk monitoring **konsumsi bahan bakar, jam kerja, dan estimasi jarak tempuh excavator**. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari sensor ultrasonik dan mengirimkan hasil monitoring ke aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi.

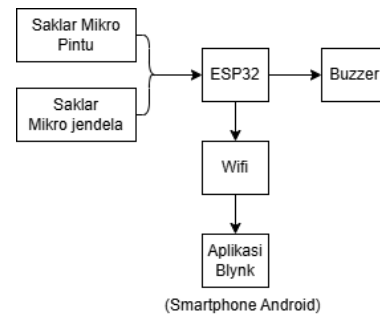
1. Komponen utama:

- a. **ESP32** – membaca sensor, mengolah data, menghitung *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, *Jam Kerja*, dan *Estimasi Jarak Tempuh*.
- b. **Sensor Ultrasonik HC-SR04** – mengukur jarak permukaan cairan pada wadah simulasi.
- c. **Sumber Daya** – menyediakan daya untuk ESP32 dan sensor.
- d. **Wi-Fi** – menghubungkan ESP32 dengan internet.
- e. **Blynk Android** – menampilkan data monitoring secara *real-time*.

2. Alur sistem:

Sensor HC-SR04 → ESP32 → Pengolahan Data → Wi-Fi/Internet → Blynk Android

- a. ESP32 dinyalakan dan terhubung ke Wi-Fi.
- b. HC-SR04 membaca jarak permukaan cairan.
- c. ESP32 mengonversi jarak menjadi **Fuel Level**.
- d. Sistem menghitung **Fuel Consumed** berdasarkan perubahan level bahan bakar.
- e. Sistem menghitung **Jam Kerja** berdasarkan durasi ESP32 aktif.
- f. Sistem menghitung **Estimasi Jarak Tempuh** berdasarkan bahan bakar yang digunakan.
- g. Seluruh hasil ditampilkan secara *real-time* pada Blynk.



Gambar 5. Blog Diagram Sistem

D. Skema Desain Alat

Skema desain alat menunjukkan rancangan **prototype sistem IoT untuk monitoring konsumsi bahan bakar, jam kerja, dan estimasi jarak tempuh excavator**. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung dengan sensor HC-SR04 dan aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi.

1. Komponen dan fungsi:

- a. **Sensor Ultrasonik HC-SR04**
Mengukur jarak permukaan cairan pada wadah simulasi dan mengirimkan data ke ESP32.
- b. **ESP32**
Mengolah data sensor untuk menentukan *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, *Jam Kerja*, dan *Estimasi Jarak Tempuh*.
- c. **Sumber Daya**
Menyediakan daya untuk ESP32 dan sensor.
- d. **Access Point/Wi-Fi**
Menghubungkan ESP32 dengan internet untuk pengiriman data.
- e. **Smartphone + Blynk**
Menampilkan hasil monitoring secara *real-time*.

2. Alur kerja:

HC-SR04 → ESP32 → Pengolahan Data → Wi-Fi/Internet → Blynk Android

- a. Sensor membaca jarak permukaan cairan.
- b. ESP32 mengolah data menjadi informasi bahan bakar.
- c. Sistem menghitung konsumsi bahan bakar dan jam kerja.
- d. Sistem menghitung estimasi jarak tempuh.
- e. Data dikirim dan ditampilkan secara *real-time* pada Blynk.

Output: *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, *Jam Kerja*, *Estimasi Jarak Tempuh*, dan *Status Koneksi*.



Gambar 6. Skema Desain Alat Sistem IoT Monitoring Konsumsi Bahan Bakar, Jam Kerja, dan Estimasi Jarak Tempuh Excavator

E. Flowchart Sistem Kerja Alat

Gambar 7 menunjukkan alur kerja sistem IoT untuk monitoring konsumsi bahan bakar, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik. Flowchart ini menggambarkan proses kerja sistem secara logis sejak sistem dinyalakan, pengambilan data sensor, pemrosesan data, hingga pengiriman informasi monitoring secara *real-time* ke aplikasi Android (*Blynk*).



Gambar 7. Flowchart Sistem Kerja Alat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Hasil Penelitian

Penelitian menghasilkan prototype sistem *Internet of Things (IoT)* untuk monitoring **konsumsi bahan bakar, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator** secara *real-time*. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengendali, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pembaca level cairan, koneksi Wi-Fi sebagai media komunikasi, dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring.

Pengujian dilakukan menggunakan wadah simulasi sebagai representasi tangki bahan bakar. Berdasarkan hasil pengukuran, jarak sensor ultrasonik ke dasar wadah adalah **18,64 cm**, dengan tinggi cairan maksimum yang digunakan sebesar **17,64 cm**. Pada prototype ditetapkan asumsi **1 cm ketinggian cairan = 1 liter bahan bakar**.

Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 menjadi **Fuel Level, Fuel Consumed, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja**. Hasil pengolahan kemudian dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Blynk pada smartphone Android.

Analisis kinerja sistem dilakukan melalui pengujian pembacaan sensor, perhitungan konsumsi bahan bakar, perhitungan estimasi jarak tempuh, pencatatan jam kerja, serta pengiriman dan visualisasi data pada aplikasi Blynk.

B. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak sesuai rancangan pada Bab III. Komponen utama terdiri atas **ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, wadah simulasi, jaringan Wi-Fi, dan aplikasi Blynk**.

ESP32 membaca jarak permukaan cairan melalui sensor HC-SR04, kemudian mengolah data tersebut menjadi informasi **Fuel Level dan Fuel Consumed**. Jumlah bahan bakar yang digunakan selanjutnya menjadi dasar perhitungan **estimasi jarak tempuh**, sedangkan jam kerja dihitung berdasarkan durasi ESP32 aktif.

C. Implementasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan ESP32 dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sumber daya sesuai rancangan sistem.

Sensor HC-SR04 dipasang pada bagian atas wadah simulasi untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan cairan. Hasil pengukuran dikirimkan ke ESP32 untuk diproses menjadi data level dan konsumsi bahan bakar.

Pada pengujian digunakan **jarak sensor ke dasar wadah sebesar 18,64 cm dan tinggi cairan maksimum 17,64 cm**. Sistem menggunakan asumsi **1 cm ketinggian cairan direpresentasikan sebagai 1 liter bahan bakar**. Data hasil pengukuran selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis kinerja sistem monitoring.

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Keras

No	Komponen	Fungsi
1	ESP32 Dev Board	Mikrokontroler utama dan pengolah data
2	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Mengukur ketinggian cairan
3	Wadah Simulasi	Representasi tangki bahan bakar excavator
4	Kran Air	Simulasi konsumsi bahan bakar
5	Adaptor 5V/2A	Sumber daya sistem
6	Smartphone Android	Monitoring melalui aplikasi <i>Blynk</i>
7	Wi-Fi/Hotspot	Media komunikasi data IoT

Gambar hasil implementasi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Prototype Sistem Monitoring Konsumsi Bahan Bakar, Estimasi Jarak Tempuh, dan Jam Kerja Excavator

D. Implementasi Perangkat Lunak (Software)

Implementasi perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman ESP32 dan aplikasi *Blynk* sebagai media monitoring berbasis Android.

Program pada ESP32 memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

1. Membaca data jarak dari sensor ultrasonik.
2. Menghitung ketinggian cairan berdasarkan hasil pembacaan sensor.
3. Mengonversi ketinggian cairan menjadi volume bahan bakar (liter).
4. Menghitung jumlah bahan bakar yang telah digunakan (*Fuel Consumed*).
5. Menghitung estimasi jarak tempuh berdasarkan konsumsi bahan bakar.
6. Menghitung jam kerja excavator berdasarkan durasi aktif ESP32.
7. Mengirimkan seluruh data ke aplikasi *Blynk* secara *real-time*.

Data yang dikirimkan ke aplikasi *Blynk* ditampilkan dalam beberapa widget sesuai kebutuhan monitoring.

Tabel 2. Implementasi Widget Blynk

No	Data Monitoring	Widget Blynk
1	<i>Fuel Level</i> (Liter)	Gauge
2	<i>Fuel Consumed</i> (Liter)	Labeled Value
3	Jam Kerja Excavator	Timer / Labeled Value
4	Estimasi Jarak Tempuh (km)	Labeled Value
5	Status Koneksi	LED / Label

Implementasi aplikasi *Blynk* memungkinkan pengguna memantau kondisi operasional excavator melalui smartphone secara *real-time* selama sistem terhubung ke internet.



Gambar 7. Tampilan Dashboard Monitoring pada Aplikasi *Blynk*

E. Pengujian Perhitungan *Fuel Level*

Pengujian *Fuel Level* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu mengonversi data ketinggian cairan menjadi volume bahan bakar dalam satuan

liter sesuai dengan logika sistem yang telah ditetapkan.

Pada penelitian ini digunakan persamaan:

$$\text{Fuel Level (Liter)} = \text{Tinggi Cairan (cm)}$$

Karena telah ditetapkan bahwa:

$$1 \text{ cm} = 1 \text{ Liter}$$

Contoh:

Tabel 3. Perhitungan *Fuel Level*

No	Tinggi Cairan	<i>Fuel Level</i>
1	29 cm	29 Liter
2	25 cm	25 Liter
3	20 cm	20 Liter
4	15 cm	15 Liter
5	10 cm	10 Liter

Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai yang ditampilkan oleh sistem.

F. Pengujian Perhitungan *Fuel Consumed*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menghitung jumlah bahan bakar yang telah digunakan selama simulasi berlangsung.

Fuel Consumed dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Fuel Consumed} = \text{Fuel Awal} - \text{Fuel Saat Ini}$$

Dengan kapasitas awal simulasi sebesar:

$$\text{Fuel Awal} = 29 \text{ Liter}$$

Contoh:

Tabel 3. Perhitungan *Fuel Consumed*

No	Fuel Awal	Fuel Saat Ini	<i>Fuel Consumed</i>
1	29 Liter	25 Liter	4 Liter
2	29 Liter	20 Liter	9 Liter
3	29 Liter	15 Liter	14 Liter

Pengujian dilakukan dengan mengurangi volume air secara bertahap menggunakan kran dan mencatat hasil yang ditampilkan sistem.

G. Pengujian Estimasi Jarak Tempuh

Pengujian estimasi jarak tempuh dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menghitung jarak tempuh berdasarkan jumlah bahan bakar yang telah digunakan.

Sesuai konsep prototype yang telah dikunci pada penelitian ini, digunakan rasio:

$$1 \text{ Liter} = 1 \text{ Kilometer}$$

Sehingga:

$$\text{Estimasi Jarak Tempuh} = \text{Fuel Consumed}$$

Contoh:

Tabel 4. Estimasi Jarak Tempuh

No	Fuel Consumed	Estimasi Jarak Tempuh
1	5 Liter	5 km
2	10 Liter	10 km
3	15 Liter	15 km
4	20 Liter	20 km

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan sistem dengan hasil perhitungan manual berdasarkan data konsumsi bahan bakar.

H. Pengujian Jam Kerja Excavator

Pengujian jam kerja dilakukan untuk mengetahui kemampuan ESP32 dalam menghitung durasi waktu operasional sistem.

Pada penelitian ini, jam kerja excavator direpresentasikan oleh lamanya ESP32 dalam kondisi aktif.

iPerhitungan dilakukan menggunakan persamaan:

$$\text{Jam Kerja} = \text{Waktu ESP32 Aktif}$$

Contoh pengujian:

Tabel 5. Jam Kerja Excavator

No	Lama ESP32 Aktif	Jam Kerja
1	10 menit	10 menit
2	30 menit	30 menit
3	60 menit	1 jam
4	120 menit	2 jam

Data hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan stopwatch sebagai nilai referensi.

I. Pengujian Monitoring Real-time pada Blynk

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh data yang diproses oleh ESP32 dapat ditampilkan pada aplikasi Blynk secara real-time.

Parameter yang diuji meliputi:

1. Fuel Level (Liter)
2. Fuel Consumed (Liter)
3. Jam Kerja Excavator
4. Estimasi Jarak Tempuh (km)
5. Status Koneksi

Keberhasilan pengujian ditentukan apabila seluruh parameter dapat ditampilkan dengan benar pada dashboard Blynk tanpa terjadi kehilangan data.

J. Pengujian Konektivitas Sistem IoT

Pengujian konektivitas dilakukan untuk mengetahui kestabilan komunikasi data antara ESP32 dan server Blynk melalui jaringan internet.

Parameter yang diamati meliputi:

1. Keberhasilan koneksi Wi-Fi.
2. Keberhasilan koneksi ke server Blynk.
3. Waktu respon pengiriman data.
4. Konsistensi pembaruan data pada aplikasi smartphone.

Indikator keberhasilan pengujian ditandai dengan status koneksi pada aplikasi Blynk yang menunjukkan kondisi Connected dan seluruh data monitoring dapat diperbarui secara real-time.

Dengan metode pengujian tersebut, sistem dapat dievaluasi dari aspek akurasi sensor, keakuratan perhitungan bahan bakar, estimasi jarak tempuh, pencatatan jam kerja, serta keandalan komunikasi data IoT.

K. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi ketinggian cairan pada wadah simulasi tangki bahan bakar. Pengujian dilakukan dengan membandingkan tinggi cairan sebenarnya yang diukur menggunakan penggaris dengan hasil pembacaan sensor yang ditampilkan oleh sistem.

Pada penelitian ini digunakan wadah prototype dengan tinggi cairan maksimum 29 cm dan jarak sensor ke dasar wadah sebesar 32 cm. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikonversi menjadi volume bahan bakar dengan ketentuan yang telah ditetapkan pada penelitian ini, yaitu setiap kenaikan 1 cm tinggi cairan dianggap setara dengan 1 liter bahan bakar.

Pengujian dilakukan pada beberapa variasi ketinggian cairan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pembacaan sensor terhadap kondisi sebenarnya.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Tinggi Cairan Aktual (cm)	Hasil Pembacaan Sensor (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	5	5	0	0
2	10	10	0	0
3	15	15	0	0
4	20	20	0	0
5	25	25	0	0
6	29	29	0	0

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.7, sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi ketinggian cairan sesuai dengan nilai aktual yang terdapat pada wadah simulasi. Seluruh pengujian menunjukkan nilai error sebesar 0%, sehingga sensor dapat digunakan sebagai perangkat utama dalam sistem monitoring konsumsi bahan bakar pada prototype yang dikembangkan.

Keakuratan sensor ini sangat penting karena seluruh proses perhitungan Fuel Level, Fuel Consumed, dan

Estimasi Jarak Tempuh bergantung pada hasil pembacaan sensor ultrasonik.



Gambar 8. Pengujian Sensor Ultrasonik pada Prototype Tangki Bahan Bakar

L. Hasil Pengujian Tampilan Data pada Aplikasi Blynk

Pengujian tampilan data pada aplikasi *Blynk* dilakukan untuk memastikan seluruh informasi hasil monitoring yang diproses oleh ESP32 dapat ditampilkan dengan baik pada smartphone Android secara *real-time*. Pengujian ini sangat penting karena aplikasi *Blynk* merupakan media utama yang digunakan pengguna untuk memantau kondisi operasional excavator dari jarak jauh.

Pada penelitian ini, terdapat lima parameter utama yang ditampilkan pada aplikasi *Blynk*, yaitu *Fuel Level*, *Fuel Consumed*, Jam Kerja Excavator, Estimasi Jarak Tempuh, dan Status Koneksi Sistem IoT. Pengujian dilakukan dengan mengamati perubahan data pada aplikasi ketika terjadi perubahan kondisi pada prototype.

Tabel 7. Hasil Pengujian Tampilan Data pada Aplikasi Blynk

No	Parameter Monitoring	Widget Blynk	Hasil Tampilan
1	<i>Fuel Level</i> (Liter)	Gauge	Berhasil
2	<i>Fuel Consumed</i> (Liter)	Labeled Value	Berhasil
3	Jam Kerja Excavator	Timer / Labeled Value	Berhasil
4	Estimasi Jarak Tempuh (km)	Labeled Value	Berhasil
5	Status Koneksi	LED / Label	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 12, seluruh parameter monitoring berhasil ditampilkan pada aplikasi

Blynk sesuai dengan data yang dikirimkan oleh ESP32. Tidak ditemukan kegagalan tampilan maupun keterlambatan yang signifikan selama proses pengujian berlangsung.

Selain itu, perubahan data yang terjadi pada prototype dapat langsung terlihat pada aplikasi *Blynk* setelah ESP32 mengirimkan data melalui jaringan internet. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi data antara ESP32 dan server *Blynk* berjalan dengan baik.



Gambar 9. Tampilan Dashboard Monitoring pada Aplikasi Blynk

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan analisis kinerja sistem pada penelitian "**Analisis Kinerja Sistem Monitoring Konsumsi Bahan Bakar, Estimasi Jarak Tempuh, dan Jam Kerja Excavator Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Sensor Ultrasonik**", dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem berhasil diimplementasikan sebagai prototype monitoring berbasis **IoT** menggunakan ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, koneksi Wi-Fi, dan aplikasi Blynk untuk memantau konsumsi bahan bakar, estimasi jarak tempuh, dan jam kerja excavator secara *real-time*.
2. Sensor ultrasonik **HC-SR04** dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan jarak permukaan cairan pada wadah simulasi. Dengan jarak sensor ke dasar wadah sebesar **18,64 cm** dan tinggi cairan maksimum **17,64 cm**, perubahan ketinggian cairan dikonversikan menggunakan asumsi **1 cm = 1 liter bahan bakar**.
3. Sistem mampu menghitung **Fuel Level** dan **Fuel Consumed** berdasarkan perubahan ketinggian

cairan. Nilai konsumsi bahan bakar diperoleh dari selisih kapasitas bahan bakar maksimum dengan bahan bakar yang tersisa.

4. Sistem mampu menghitung **jam kerja excavator** berdasarkan durasi ESP32 dalam kondisi aktif. Data waktu operasional tersebut ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk.
5. Sistem mampu menghasilkan **estimasi jarak tempuh** berdasarkan jumlah bahan bakar yang digunakan dengan asumsi prototype **1 liter bahan bakar = 1 kilometer**.
6. Sistem mampu mengirimkan dan menampilkan parameter **Fuel Level, Fuel Consumed, Jam Kerja, Estimasi Jarak Tempuh, dan Status Koneksi** pada aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi secara *real-time*.
7. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, prototype menunjukkan bahwa integrasi **ESP32, HC-SR04, Wi-Fi, dan Blynk** dapat digunakan sebagai pendekatan monitoring operasional excavator secara *real-time*. Sistem ini dapat menjadi prototype awal untuk pengembangan monitoring alat berat yang lebih akurat pada kondisi operasional sebenarnya.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan prototype yang digunakan, beberapa pengembangan yang disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Sistem dapat diuji secara langsung pada **excavator sebenarnya** untuk mengetahui kinerja sistem pada kondisi operasional lapangan.
2. Pengukuran level bahan bakar dapat menggunakan **sensor level bahan bakar khusus** untuk meningkatkan akurasi dibandingkan simulasi menggunakan sensor ultrasonik.
3. Estimasi jarak tempuh dapat dikembangkan menggunakan **GPS dan/atau sensor kecepatan** sehingga perhitungan berdasarkan kondisi perjalanan excavator yang sebenarnya.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan **penyimpanan data historis berbasis cloud** sehingga data konsumsi bahan bakar, jam kerja, dan aktivitas alat dapat dianalisis dalam jangka panjang.
5. Aplikasi dapat dikembangkan dengan fitur **notifikasi otomatis**, misalnya ketika level bahan bakar mencapai batas minimum atau jam kerja mencapai waktu pemeliharaan.
6. Parameter monitoring dapat diperluas dengan menambahkan **suhu mesin, tekanan oli, tegangan baterai, dan lokasi excavator** untuk menghasilkan sistem monitoring alat berat yang lebih komprehensif.
7. Sistem dapat dikembangkan menggunakan **dashboard berbasis web** sehingga data operasional excavator dapat dipantau secara terpusat oleh pengelola atau perusahaan.

REFERENSI

- [1] Annisa Putri Hasanah, Dkk. 2025. "Perancangan Sistem Monitoring Level Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Iot Dengan Aplikasi Blynk." Vol. 13 No. 2, pISSN: 2303-0577 eISSN: 2830-7062. JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)
- [2] Fatchur Rizal Hidayat, Dkk. 2025. "Rancang Bangun Engine Health Control System dan Real-time Monitoring Berbasis IoT untuk Heavy Equipment di PT Dok Pantai Lamongan" p-ISSN: 2962-4738 e-ISSN: 2962-4584 Vol. 4. No. 1 February 2025. Journal of Comprehensive Science
- [3] Anand B A, et al. 2024. "An IoT-based Fuel Monitoring and Tracking System with Real-time Fuel Level Detection using Accelerometer" Volume 30, Issue 11, Page 1064-1070, 2024; Article no.JSRR.123952 ISSN: 2320-0227. Journal of Scientific Research and Reports
- [4] Standard Fuel Consumption Chart for Heavy Equipment Including Excavator PC-Series. <https://psualatberat.com/tabel-konsumsi-bbm-alat-berat/>. Diakses, 18 Desember 2025
- [5] Yelli Fitri, Dkk 2025. "Integrasi Fuel Consumption Rate (Fcr) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Untuk Evaluasi Efisiensi Excavator Pada Penambangan Batu Gamping." Vol. 02, No. 02, December 2025, pp. 58-66. ISSN: 3062-9187. Journal of Industrial Engineering and Innovation
- [6] Kerugian Akibat Manipulasi Laporan Operator. Diakses, 18 Desember 2025, <https://widya.ai/>
- [7] Plaza R, M. Abu Jihad, and Hanum Maghfiro Risky Ningtias. 2023. "Penerapan Internet of Things Pada Prototype Smart Home Menggunakan Pola Suara Dengan Mikrokontroler Nodemcu."
- [8] Marcopolo Rangga Hiendarto. 2023. "Smart Farming Pada Hidroponik Yang Dikendalikan Dengan Smartphone."
- [9] Eriyanto, Hafiz Dwi Febi. 2023. "Design and Development of an IoT-Based Automatic Water Filling Monitoring Tool (Internet of Things)."
- [10] Handi, 2018. "Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk Dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika Fuzzy."
- [11] Muhhana, Fauzan Ardi. 2024. "Rancang Bangun Kotak Amal Cerdas Berbasis IoT (Internet of Things)
- [12] Muhammad Haykal. 2025. "Rancang Bangun Sistem Smart Home Iot Untuk Pengendalian Kipas Dan Lampu Dengan Perintah Suara Berbasis Android Menggunakan Google Home Dan Modul Nodemcu Esp8266 V3"