

SISTEM PENGUKURAN VOLUME MINYAK GORENG BERBASIS IOT

Hafiz Ali Assajjad¹, Purwantoro², Susilawati³

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Komputer Informatika Unsika

Keywords:

IoT

ESP32

HX711 Sensor

Cooking Oil Volume

Web Server

Correspondent Email:

1910631170190@student.unsika.ac.id

Abstrak. Minyak goreng merupakan kebutuhan pokok yang volumenya sering kali sulit diukur secara presisi secara manual, terutama dalam skala prototipe industri rumahan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem prototipe pengukuran volume minyak goreng berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama dan sensor load cell HX711 untuk mendeteksi massa minyak goreng. Data massa yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi satuan volume (mililiter) menggunakan algoritma perhitungan massa jenis (ρ) minyak goreng sebesar 0,911 g/ml. Hasil pengukuran ditampilkan secara real-time melalui antarmuka web server yang dapat diakses oleh pengguna melalui jaringan WiFi. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengukur volume minyak goreng dengan tingkat akurasi yang baik dan data dapat terupdate secara otomatis pada peramban web. Penelitian ini diharapkan dapat mempermudah proses pemantauan volume cairan secara digital dan akurat.



Copyright © 2026 The Author(s),
Published by Jurnal Informatika dan
Teknik Elektro Terapan. This is an
open-access article distributed under
the terms of the Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License (CC BY-NC
4.0).

Abstract. Cooking oil is a primary necessity whose volume is often difficult to measure precisely through manual methods, especially in home-industry prototypes. This research aims to design and develop an IoT-based prototype system for measuring cooking oil volume. The system utilizes an ESP32 microcontroller as the main processing unit and an HX711 load cell sensor to detect the mass of the cooking oil. The acquired mass data is subsequently converted into volume units (milliliters) using a density (ρ) calculation algorithm based on the average density of cooking oil, which is 0.911 g/ml. The measurement results are displayed in real-time via a web server interface accessible to users through a WiFi network. Based on the test results, the system is capable of measuring cooking oil volume with high accuracy, and the data updates automatically on the web browser. This research is expected to simplify the process of digital and accurate monitoring of liquid volumes.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah dan *State of the Art* (SOTA)

Di era globalisasi saat ini, perkembangan teknologi digital melalui gagasan Revolusi Industri 4.0 menuntut adanya transformasi sistem pengukuran dari metode manual menuju otomatisasi berbasis konektivitas internet. Salah satu pilar teknologi yang paling krusial dalam mendukung efisiensi ini adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan integrasi perangkat fisik ke dalam jaringan global untuk pertukaran data secara otomatis dan *real-time* [2] (Ashton, 2009). Di sektor logistik dan retail, pemantauan inventaris barang cair secara presisi menjadi kebutuhan mendasar guna menjamin stabilitas operasional. Namun, pada realitasnya, sektor domestik maupun Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) masih sering menghadapi kendala pengelolaan stok akibat ketergantungan pada pengecekan konvensional atau estimasi visual. Keterlambatan dalam mendeteksi habisnya persediaan komoditas penting—seperti minyak goreng—sering kali memicu gangguan rantai produksi lokal hingga ketidakstabilan pasokan di pasar.

Teori dasar pengembangan sistem pemantauan cairan saat ini telah bergeser dari perangkat mikrokontroler generasi lama tanpa konektivitas menuju instrumentasi digital modern berbasis nirkabel. Dalam arsitektur IoT modern, mikrokontroler ESP32 menjadi standar mutakhir berbiaya rendah (*low-cost*) yang menawarkan keunggulan berupa konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi serta daya pemrosesan yang stabil [3], [5] (Espressif Systems, 2020; Siregar & Pratama, 2022). Untuk membaca besaran fisik objek, mikrokontroler memerlukan komponen penginderaan yang andal. Pada domain pengukuran berbasis berat, teknologi sensor *load cell* yang dikombinasikan dengan modul penguat sinyal (*amplifier*) dan konverter analog-ke-digital (*Analog-to-Digital Converter/ADC*) HX711 menjadi referensi utama karena memiliki tingkat sensitivitas yang sangat tinggi terhadap perubahan berat sekecil apa pun [4] (Avia Semiconductor, 2018).

State of the art (SOTA) atau peta pemikiran dalam bidang riset instrumentasi minyak dan cairan telah dieksplorasi oleh beberapa peneliti terdahulu. Havran [7] (2024) melakukan studi mengenai mekanisme pengukuran berat minyak hasil ekstraksi mesin *screw press* dengan mengandalkan sensor *strain gauge* yang dihubungkan ke modul HX711 untuk penentuan berat secara otomatis. Riset tersebut membuktikan bahwa pembacaan otomatis berbasis regangan mekanis mampu menghadirkan metode monitoring hasil produksi yang terukur dan sistematis. Selanjutnya, Siregar dan Pratama [5] (2022) mengkaji performa perangkat keras timbangan digital berbasis ESP32, yang menyimpulkan bahwa penggunaan ESP32 memberikan keunggulan nirkabel yang jauh lebih stabil dibandingkan dengan mikrokontroler generasi sebelumnya, di mana ketepatan proses kalibrasi pada modul HX711 memegang peranan paling vital untuk mempertahankan linearitas data numerik. Sementara itu, perluasan fungsi monitoring ke ranah siber diteliti oleh Putra dan Nugroho [6] (2020) melalui sistem IoT pemantau volume cairan berbasis antarmuka web. Hasil kajian mereka menekankan bahwa keberhasilan konversi volume cairan dari jarak jauh sangat adaptif dan bergantung penuh pada ketepatan input variabel parameter fisika, yaitu massa jenis (densitas) zat cair yang dimasukkan ke dalam algoritma pemrograman sistem.

1.2 Analisis Kesenjangan (Gap Analysis dan Kebaruan)

Meskipun sistem pengukuran otomatis telah mulai dikembangkan, terdapat kesenjangan teknis (*technical gap*) yang nyata antara hasil riset terdahulu dengan kebutuhan akurasi di lapangan. Pada penelitian awal yang dilakukan oleh Assajjad [1] (2026), sistem monitoring yang dirancang berbasis sensor ultrasonik memiliki keterbatasan fisis yang mendasar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat akurasi sensor ultrasonik rentan mengalami deviasi dan gangguan akibat tingkat kekentalan (viskositas) minyak, pembentukan uap minyak, serta kondisi permukaan cairan yang kurang stabil atau bergoyang di dalam wadah. Selain

itu, penggunaan platform Arduino Uno pada riset tersebut belum mengarah pada implementasi jaringan nirkabel secara luas, sehingga data volume belum dapat dipantau dari jarak jauh melalui internet secara mandiri tanpa modul tambahan. Kelemahan serupa juga ditemukan pada mayoritas riset berbasis sensor ultrasonik konvensional lainnya yang pembacaannya sangat dipengaruhi oleh ruang udara tangki dan bentuk geometri wadah penampung.

Urgensi nyata yang memperkuat mengapa penelitian skripsi ini harus dilakukan tercermin dari karut-marut pengawasan volume komoditas pangan di Indonesia baru-baru ini. Kasus-kasus kecurangan takaran komersial menjadi isu krusial yang merugikan konsumen dan merusak transparansi pasar. Sebagai contoh, laporan dari *detikFinance* membongkar modus operandi pengurangan isi dalam kemasan minyak goreng bersubsidi "Minyakita" oleh oknum perusahaan pengemas (*repacker*) demi meraup keuntungan sepihak di tengah lonjakan permintaan pasar [9] (Moga, 2025). Secara lebih spesifik, investigasi lapangan oleh *detikJatim* mendapati fakta bahwa beberapa kemasan tertulis satu liter justru mengalami penyusutan isi sekitar 40 mililiter dari takaran riil yang seharusnya [10] (Agung, 2025). Selaras dengan itu, penyelidikan mendalam oleh *Tempo* [11] (2025) menemukan anomali yang lebih ekstrem, di mana produk minyak goreng bermerek tertentu hanya mengemas volume bersih sebesar 750 mililiter hingga 800 mililiter, meskipun label luar secara eksplisit mencantumkan kuantitas 1 liter.

Fenomena tersebut mengindikasikan adanya celah besar (*gap*) berupa lemahnya kontrol kualitas otomatis pada sistem pengisian di pabrik serta tidak adanya alat pemantau independen yang akurat bagi pelaku usaha retail maupun UMKM untuk memverifikasi volume logistik mereka. Kebaruan (*novelty*) dan keunikan dari penelitian skripsi ini terletak pada langkah peningkatan (*upgrade*) sistem instrumentasi dari riset Assajjad [1] (2026). Keterbatasan sensor ultrasonik dan Arduino Uno pada riset terdahulu diatasi secara komprehensif melalui transisi ke kombinasi mikrokontroler ESP32 dan sensor *load cell* berbasis modul HX711. Pendekatan ini tidak lagi mengukur jarak ruang kosong permukaan

cairan, melainkan membaca perubahan massa nyata minyak goreng secara *real-time* yang kemudian dikonversi menjadi parameter estimasi volume dinamis berdasarkan nilai densitas fisis zat cair [6] (Putra & Nugroho, 2020). Pendekatan berbasis berat ini memiliki tingkat stabilitas yang jauh lebih tinggi terhadap guncangan permukaan cairan maupun keberadaan uap di dalam wadah [14]. Keunikan riset ini juga diperkuat oleh pengujian komparatif secara langsung terhadap lima varian merek minyak goreng komersial di Indonesia, yaitu Minyakita, Bimoli, Sunco, Sania, dan minyak goreng curah, guna menguji konsistensi performa algoritma terhadap variasi karakteristik fisis masing-masing produk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan chip mikrokontroler berbasis System on Chip (SoC) yang mengintegrasikan fitur konektivitas nirkabel berupa Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE) secara internal [3]. Perangkat ini berfungsi sebagai unit pemroses utama (*central processing unit*) yang menerima raw data dari sensor, mengeksekusi algoritma konversi fisis, dan mentransmisikan data output menuju *cloud infrastructure* atau antarmuka web secara nirkabel tanpa memerlukan modul tambahan [14].



Gambar 1.1 esp32

1. 2.2 Sensor Load Cell dan Modul Amplifier HX711

Load cell merupakan transduser berat yang memanfaatkan prinsip perubahan resistansi mekanis pada *strain gauge* saat menerima tekanan beban. Sinyal analog (Voltase kecil) yang dihasilkan oleh *load cell* kemudian diteruskan ke modul HX711. Modul HX711 bertindak sebagai penguat sinyal (*amplifier*) sekaligus pengubah data analog menjadi data digital (*Analog-to-Digital Converter/ADC*) beresolusi 24-bit, sehingga perubahan berat zat cair sekecil apa pun dapat terbaca secara linear oleh ESP32 [4] , [5].



Gambar 1.2 loadcell dan modul HX711

2. 2.3 Konstanta Massa Jenis dan Konversi Volume Minyak Goreng

Pengukuran volume zat cair kental (*viscous*) seperti minyak goreng menggunakan sensor massa membutuhkan parameter konversi berbasis karakteristik fisika fluida, yaitu massa jenis atau densitas (ρ). Nilai ketetapan massa jenis rata-rata minyak goreng yang digunakan dalam rancang bangun sistem ini adalah sebesar 0,911 g/ml [12] .

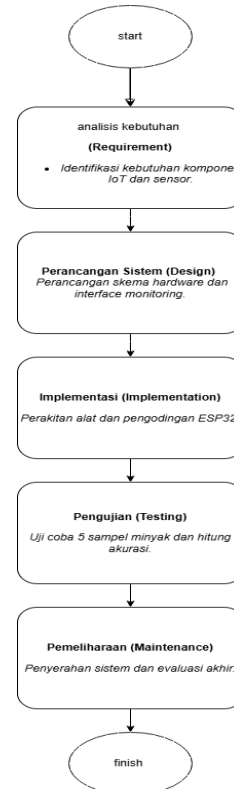
Data berat (m) dalam satuan gram yang diperoleh dari pemrosesan sensor HX711 diolah secara kuantitatif oleh program mikrokontroler untuk menghasilkan nilai estimasi estimasi volume (V) dalam satuan mililiter (ml) [13] . Formulasi perhitungan konversi matematis dinamis yang ditanamkan pada algoritma sistem

Pengukuran volume minyak goreng berbasis massa memerlukan parameter konversi fisis berupa konstanta massa jenis (ρ). Nilai ketetapan massa jenis rata-rata minyak goreng yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0,911 g/ml. Data berat (m) dalam satuan gram yang diperoleh dari sensor HX711 diolah secara kuantitatif oleh ESP32 untuk menghasilkan nilai volume (V) dalam satuan mililiter (ml). Merujuk pada rumus konversi dari formulasi matematis yang ditanamkan pada algoritma sistem adalah :

$$v = \frac{m}{0,911}$$

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dirancang secara sistematis untuk membangun sebuah prototipe instrumen IoT yang andal, akurat, dan dapat direplikasi (*reproducible*). Pengembangan sistem pemantauan volume minyak goreng ini menerapkan pendekatan model *Waterfall* yang terdiri dari lima tahapan terstruktur, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, serta evaluasi dan pemeliharaan [8] . Alur detail metodologi ini disajikan pada Gambar berikut



Gambar 3.1 metode waterfall

3.1. Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis)

Tahap awal ini memfokuskan pada identifikasi mendalam terhadap seluruh kebutuhan operasional komponen IoT dan sensor yang digunakan. Analisis kebutuhan dikelompokkan menjadi dua aspek utama:

1. **Analisis Fungsional:** Menetapkan spesifikasi kerja sistem agar mampu melakukan pengukuran berat objek

melalui modul sensor HX711, mengolah data mentah menjadi informasi volume secara otomatis, serta menyajikan visualisasi data tersebut secara *real-time* pada antarmuka pengguna berbasis *website* [6].

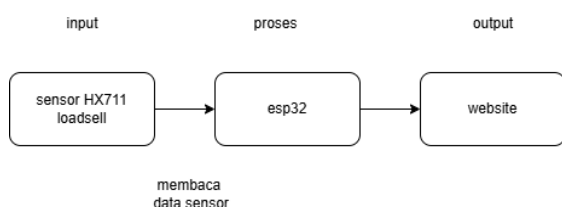
2. **Analisis Non-Fungsional:** Menentukan standar kualitas perangkat keras (mikrokontroler ESP32 R3 dan *load cell*), perangkat lunak pendukung (perangkat lunak Arduino IDE sebagai lingkungan pemrograman), parameter kinerja respon pembacaan, stabilitas operasional di bawah kondisi normal, serta efisiensi biaya pengadaan komponen [14].

3.2. Perancangan Sistem (System Design)

Fase ini mencakup pemetaan arsitektur sistem secara menyeluruh, yang melibatkan pemodelan konfigurasi perangkat keras dan alur pengolahan perangkat lunak [15].

3.2.1. Diagram Proses Sistem

Diagram proses sistem dirancang untuk memberikan gambaran logis mengenai cara kerja sistem secara kontinu. Skema input, proses, dan output dari pemantauan ini merujuk pada diagram berikut

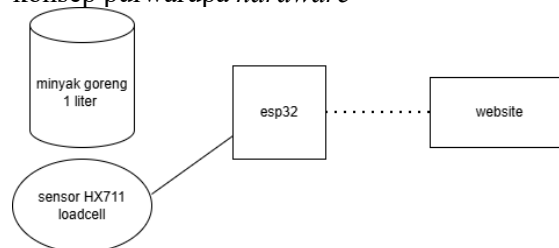


Gambar 3.2 Diagram Proses sistem

Proses dimulai saat data mentah berupa massa/berat minyak goreng ditangkap oleh sensor *load cell* dan modul HX711 sebagai komponen *input* [5]. Selanjutnya, data dikirim menuju ESP32 untuk dieksekusi menggunakan algoritma konversi berbasis massa jenis menjadi nilai volume (ml). Informasi akhir yang telah diproses kemudian ditransmisikan secara nirkabel untuk ditampilkan pada halaman *website* [6].

3.3. Implementasi Sistem (Implementation)

Tahap implementasi merealisasikan seluruh rancangan menjadi wujud fisik yang siap diuji. Proses perakitan komponen utama dan peletakan wadah pengujian mengacu pada konsep purwarupa *hardware*



Gambar 3.3 Purwarupa Hardware

Objek minyak goreng (misalnya dengan kapasitas uji hingga 1 liter) diletakkan di atas penampang *load cell* yang terintegrasi dengan modul penguat ADC HX711 [13]. Kode program yang telah dikompilasi pada Arduino IDE kemudian diunggah ke dalam memori flash ESP32 R3. Pada tahap ini, integrasi jaringan Wi-Fi lokal juga diaktifkan agar ESP32 dapat terhubung secara konstan dengan server tujuan pembacaan *website* [3].

3.4. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif yang bersifat numerik, terdiri atas nilai massa (gram) dan volume (ml). Instrumen pengumpul data utama adalah prototipe ESP32 dan modul HX711, sedangkan gelas ukur standar laboratorium digunakan sebagai instrumen kalibrasi referensi.

Data berat (m) dalam satuan gram yang dikirim oleh modul HX711 dihitung secara otomatis oleh program menggunakan ketetapan konstanta massa jenis minyak goreng (ρ) sebesar 0,911 g/ml [12]. Persamaan matematis untuk memperoleh nilai estimasi volume (V) ditempatkan di tengah paragraf sesuai dengan aturan penulisan jurnal sebagai berikut:

$$v = \frac{m}{0,911}$$

Guna menilai tingkat akurasi pembacaan, sistem diuji secara komparatif dengan membandingkan performa keluaran prototipe terhadap hasil ukur manual gelas ukur standar. Tingkat galat atau kesalahan absolut dihitung menggunakan pendekatan rumus Mean Absolute Error (MAE) berikut:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |V_{sistem} - V_{referensi}|}{n}$$

3.5. Pengujian Sistem (Testing)

Pengujian instrumen dilakukan secara komprehensif melalui tiga skenario pengujian guna memastikan fungsionalitas keseluruhan berjalan tanpa kendala:

1. Pengujian Perangkat Lunak: Fokus pada validasi stabilitas baris kode program di dalam ESP32, kelancaran konversi formula matematika, efisiensi waktu pengiriman data (delay), serta konsistensi pembaruan informasi pada aspek visual antarmuka website.

2. Pengujian Perangkat Keras: Melibatkan pengujian fisis terhadap respons mekanis load cell dan modul penguat HX711 saat menerima fluktuasi beban. Langkah ini bertujuan mendeteksi keberadaan gangguan sinyal (noise) elektrik serta menjamin kestabilan konektivitas pin data.

3. Pengujian Keseluruhan Sampel: Evaluasi performa sistem secara menyeluruh dengan menguji 5 sampel variasi merek minyak goreng yang berbeda. Hasil konversi volume pada prototipe diverifikasi langsung terhadap skala ukur riil teko gelas ukur standar untuk memperoleh persentase akumulasi margin of error akhir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Eksperimen rancang bangun sistem pemantauan volume minyak goreng berbasis IoT ini menghasilkan temuan kuantitatif yang mengonfirmasi fungsionalitas integrasi perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil penelitian difokuskan pada visualisasi data antarmuka siber serta data komparatif pengujian lima sampel minyak goreng komersial.

4.1.1. Realisasi Prototipe Hardware dan Antarmuka Web

Realisasi fisik dari integrasi mikrokontroler ESP32 R3, modul ADC 24-bit HX711, dan sensor beban *load cell* telah berhasil dirakit membentuk satu kesatuan instrumen ukur yang

kokoh. Pengujian konektivitas menunjukkan bahwa modul Wi-Fi internal ESP32 mampu mempertahankan stabilitas transmisi data siber tanpa mengalami *packet loss* yang berarti [3]. Data numerik volume hasil konversi algoritma berhasil dikirimkan secara berkala menuju platform IoT [15]. Tampilan visual visualisasi data pada halaman *website* pengukuran dapat dipantau secara *real-time* oleh pengguna melalui perangkat pintar [6].

4.1.2. Data Hasil Pengujian Sampel Minyak Goreng

Pengujian akurasi instrumen dilakukan secara objektif dengan menguji lima sampel varietas minyak goreng yang beredar di pasar Indonesia dengan kuantitas referensi gelas ukur standar sebesar 1000 { ml } (kecil khusus minyak curah pada volume 550 { ml }). Berdasarkan hasil pengujian kuantitatif tersebut, diperoleh data perbandingan performa alat yang dirangkum pada Tabel 4.1.

tabel 4.1 Hasil Pengukuran

Merek minyak goreng	Volume berdasarkan nilai sistem	Volume minyak goreng dengan alat ukur atau nilai referensi	Margin error
Minyakita	 VOLUME MINYAK GORENG 1036.5 ml Berat: 944.2 g Tersambung ke esp32 Gambar 4.11 Hasil Minyak goreng Minyakita	 Gambar 4.13 pas 1000 ml	3.65%

bimoli	 VOLUME MINYAK GORENG 1045.2 ml Berat: 952.2 g Status: Terhubung ke ESP32 Gambar 4. 13 Hasil Minyak Goreng Bimoli	 Gambar 4. 14 Pas 1000ml	4.52%
sania	 VOLUME MINYAK GORENG 1037.4 m Berat: 945.1 g Status: Terhubung ke esp32 Gambar 4. 15 Hasil Minyak Goreng Sania	 Gambar 4. 16 Pas 1000ml	3.74%
Filma	 VOLUME MINYAK GORENG 1026.7 ml Berat: 935.4 g Status: Terhubung ke ESP32 Gambar 4. 17 Hasil minyak goreng Filma	 Gambar 4. 18 Pas 1000ml	2.67%
curah	 VOLUME MINYAK GORENG 612.2 ml Berat: 557.7 g Status: Terhubung ke esp32 Gambar 4. 19 Hasil Minyak Goreng Curah	 Gambar 4. 20 Hasil 330 ml	11.2 %

Dari akumulasi data pengujian terhadap kelima jenis sampel minyak goreng tersebut, nilai rata-rata kesalahan sistem (Mean Absolute Error) dapat dikalkulasi secara matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &\text{Rata - rata Error} \\
 &= \frac{3,65\% + 4,25\% + 3,74\% + 2,67\% + 11,20\%}{5} \\
 &= 5,16
 \end{aligned}$$

4.2. Pembahasan (Discussion)

Bagian analisis ini didesain untuk menjawab tiga pertanyaan mendasar dalam artikel ilmiah: apa temuan riil instrumen (what), mengapa fenomena fisis tersebut terjadi (why), dan apa dampak serta pengembangan lanjutan yang harus dipetakan (what else).

4.2.1. Analisis Akurasi dan Karakteristik Fluida (What & Why)

Temuan penelitian menunjukkan bahwa secara umum prototipe berbasis ESP32 dan sensor berat ini memiliki tingkat keandalan yang tinggi dengan rata-rata *error* total yang relatif kecil, yaitu sebesar 5,16%. Hal ini membuktikan bahwa hipotesis awal mengenai pemanfaatan sensor massa jenis jauh lebih stabil dalam memantau parameter volume komoditas cair dibandingkan metode pembacaan jarak ruang kosong udara tangki [13].

Namun, terdapat anomali data fisis yang signifikan pada sampel nomor 5 (minyak goreng curah), di mana nilai margin *error* melonjak tinggi mencapai 11,20%. Fenomena ini terjadi akibat karakteristik fisis kekentalan (viskositas) dan tingginya kandungan zat pengotor atau sisa pengendapan fraksi stearin pada minyak curah [7]. Minyak goreng pabrikan (seperti Filma dengan *error* terendah 2,67%, Minyakita, Bimoli, dan Sania) telah melalui proses penyaringan multi-tahap yang membuat nilai densitasnya sangat homogen dan mendekati konstanta acuan program $\rho = 0,911 \{ \text{g/ml} \}$ [12]. Sebaliknya, densitas riil minyak curah di lapangan cenderung lebih padat dan tidak seragam, sehingga pembagian massa terhadap konstanta tunggal menghasilkan deviasi kalkulasi volume yang lebih besar pada algoritma ESP32.

4.2.2. Komparasi Terhadap Penelitian Terdahulu (State of the Art Contrast)

Jika dikontraskan dengan riset awal terdahulu oleh Assajjad [1] (2026) yang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor ultrasonik HC-SR04, prototipe berbasis *load cell* ini menawarkan keunggulan linearitas yang jauh lebih konsisten. Pada sistem ultrasonik terdahulu, akurasi pengukuran sangat fluktuatif dan rentan terganggu oleh pantulan gelombang akibat guncangan permukaan zat cair serta uap panas minyak di dalam ruang tangki [1].

Melalui transisi ke kombinasi sensor berat HX711 dan arsitektur nirkabel chip ESP32, kelemahan fisis tersebut berhasil dieliminasi secara total karena pembacaan massa tidak dipengaruhi oleh kondisi permukaan maupun uap penampung [14]. Selain itu, riset ini memperluas fungsionalitas lokal riset terdahulu menjadi sistem berbasis siber terintegrasi yang mampu mentransmisikan data logistik secara *real-time* ke server web internet, selaras dengan arsitektur telemetri siber modern yang

dikembangkan oleh Siregar dan Pratama [5] (2022).

4.2.3. Implikasi Ilmiah dan Pengembangan Lanjutan (What Else)

Implikasi teoretis dari penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan konstanta tunggal massa jenis $\rho = 0,911 \text{ g/ml}$ belum cukup ideal untuk mencakup seluruh varietas karakteristik komoditas minyak goreng di pasar lokal, terutama jenis minyak non-pabrikan [12]. Oleh karena itu, langkah tindak lanjut (what else) yang menjadi rekomendasi krusial bagi pengembangan ilmu pengetahuan ke depan adalah memodifikasi algoritma pemrosesan dalam mikrokontroler. Sistem selanjutnya harus dilengkapi dengan fitur multi-density coefficient berbasis menu pilihan jenis minyak pada antarmuka web, atau mengintegrasikan sensor suhu tambahan (seperti DS18B20) guna menyesuaikan nilai konstanta densitas minyak secara dinamis mengikuti fluktuasi suhu lingkungan di lapangan demi menekan margin error hingga di bawah 1% [12].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap prototipe sistem pemantauan volume minyak goreng berbasis IoT, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil yang Diperoleh: Sistem pengukuran volume minyak goreng berbasis Internet of Things telah berhasil direalisasikan dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 R3 [3], [4] sensor load cell, dan modul ADC HX711. Sistem mampu mengonversi data berat (m) menjadi volume (V) menggunakan konstanta massa jenis $\rho = 0,911 \text{ g/ml}$ [12], serta mentransmisikan data tersebut secara nirkabel untuk ditampilkan pada antarmuka website secara real-time [6]. Hasil pengujian terhadap 5 sampel merek minyak goreng menunjukkan performa yang fungsional dengan nilai rata-rata kesalahan sistem (Mean Absolute Error) sebesar 5,16%.

2. Kelebihan Sistem: Metode pengukuran berbasis massa ini terbukti lebih stabil dan memiliki linearitas yang konsisten dibandingkan sistem berbasis ultrasonik terdahulu [1], [14]. Pembacaan volume tidak

dipengaruhi oleh guncangan permukaan zat cair, keberadaan uap di dalam tangki, maupun bentuk geometri wadah penyimpanan. Selain itu, penggunaan chip ESP32 memberikan keunggulan berupa efisiensi perangkat keras yang kompak dan kapabilitas konektivitas siber bawaan yang andal tanpa modul tambahan [5].

3. Kekurangan Sistem: Kelemahan utama sistem ini terletak pada penggunaan konstanta massa jenis tunggal ($\rho = 0,911 \text{ g/ml}$) dalam algoritma program [12]. Hal ini menyebabkan lonjakan margin error yang signifikan pada jenis minyak non-pabrikan, seperti sampel minyak goreng curah yang mencatat galat tertinggi sebesar 11,20% akibat adanya perbedaan viskositas dan zat pengotor (fraksi stearin) di lapangan [7].

4. Kemungkinan Pengembangan Selanjutnya: Penelitian ke depan dapat dikembangkan dengan memodifikasi algoritma mikrokontroler agar mendukung fitur multi-density coefficient berbasis menu pilihan jenis minyak atau integrasi sensor suhu (seperti DS18B20) untuk kompensasi nilai densitas secara dinamis [12]. Selain itu, fungsionalitas sistem dapat dioptimalkan melalui penambahan fitur notifikasi otomatis (push notification) saat volume mencapai batas minimum, serta visualisasi data dasbor yang dilengkapi grafik analitis riwayat stok untuk kebutuhan skala retail maupun industri [15].

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak terkait yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan moral maupun teknis dalam penyelesaian penelitian ini:

1. Bapak Purwantoro, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta saran-saran yang sangat berharga sejak awal perencanaan hingga naskah ini dapat diselesaikan.
2. Ibu Susilawati, M.Si., atas segala dukungan, evaluasi, serta masukan akademis yang diberikan guna menyempurnakan kualitas dari penelitian ini.

3. serta rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan teknis, diskusi bertukar pikiran, serta dukungan moral selama proses pelaksanaan eksperimen di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Assajjad, "Rancang Bangun Prototype Volume Minyak Goreng dengan Menggunakan Arduino Uno Sensor Ultrasonik," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 14, no. 1, pp. 1-6, Jan. 2026.
- [2] K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," *RFID Journal*, vol. 22, no. 7, pp. 97-114, Jun. 2009.
- [3] Espressif Systems, *ESP32 Series Datasheet v4.3*, Munich: Espressif Systems Documentation, 2020.
- [4] Avia Semiconductor, *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*, Xiamen: Avia Semiconductor Technical Specs, 2018.
- [5] A. Siregar and R. Pratama, "Pengembangan Timbangan Digital Berbasis Wi-Fi Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dan Modul HX711," *Jurnal Instrumentasi dan Otomasi Terapan*, vol. 10, no. 2, pp. 88-95, Jul. 2022.
- [6] I. M. Putra and A. Nugroho, "Sistem Monitoring Volume Cairan Jarak Jauh Berbasis Protokol HTTP dan Antarmuka Web IoT," *Jurnal Komputasi siber*, vol. 5, no. 3, pp. 112-119, Nov. 2020.
- [7] T. Havran, "Automated Measurement of Oil Mass and Viscosity Extraction Using Load Cell Sensors," *International Journal of Hardware Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 45-53, Feb. 2024.
- [8] R. S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2014.
- [9] W. Moga, "Gara-gara Minyakita Susut 40 ml di Jatim, Kemendag Bongkar Modus Repacker Curang," *detikFinance*, Jakarta, Jan. 15, 2025.
- [10] N. Agung, "Investigasi Lapangan: Temuan Penyusutan Takaran Botol Minyakita di Pasar Tradisional Jawa Timur," *detikJatim*, Surabaya, Mar. 22, 2025.
- [11] Tim Redaksi Tempo, "Karut Marut Distribusi Pangan: Investigasi Volume Riil Minyak Goreng Kemasan 1 Liter," *Tempo.co*, Jakarta, Jun. 11, 2025.
- [12] H. Santoso and D. Wijaya, "Analisis Akurasi Konversi Massa ke Volume pada Zat Cair Viscous Menggunakan Koefisien Densitas Dinamis," *Jurnal Fisika dan Instrumentasi*, vol. 15, no. 2, pp. 74-81, Aug. 2023.
- [13] M. Ramli and A. Wahyudi, "Rancang Bangun Alat Ukur Volume Cairan Otomatis Menggunakan Timbangan Digital Terintegrasi Cloud," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 11, no. 1, pp. 23-30, Apr. 2024.
- [14] F. Zhang, L. Wei, and Y. Liu, "Design of High-Precision Smart Weighing System Based on HX711 and ESP32 Microcontroller," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 72, pp. 1045-1052, Oct. 2023.
- [15] R. Tan and S. Kumar, "Internet of Things (IoT) Based Liquid Level and Mass Monitoring Framework for Industrial Logistics," *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 13, no. 4, pp. 210-221, Dec. 2024.