CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

PengembanganTimbangan Digital Berbasis AIOT Dengan Deteksi Otomatis Jenis Buah Menggunakan YOLOv8 Dan Infrastruktur VPS

Tiana Ramdani[1], Rully Pramudita[2*]
[1,2]Teknik Informatika, Universitas Bina Insani, Indonesia
[1]ramdantian04@gmail.com, [2]rullypramudita@binainsani.ac.id

Abstrak: PT Interskala Mandiri Indonesia selama ini mengandalkan input manual kode Price Look Up (PLU) melalui keypad pada proses penimbangan digital, yang kerap memunculkan kesalahan manusia dan menurunkan efisiensi kerja. Penelitian ini bertujuan membangun sistem timbangan digital berbasis AIoT yang mengintegrasikan YOLOv8 untuk klasifikasi buah secara otomatis dan VPS sebagai pusat pengelolaan data. Model ADDIE digunakan sebagai kerangka penelitian dan pengembangan. Perangkat keras dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 NodeMCU-32S, ESP32-S3 CAM sebagai modul pengambilan gambar, serta load cell dengan modul HX711 untuk pengukuran berat presisi. Model YOLOv8n dilatih pada lima kelas buah (apel fuji, jeruk, lemon, pir century, buah naga) dan di-deploy pada backend VPS melalui Flask API. Pencetakan struk dilakukan melalui printer termal Bluetooth T3 menggunakan RawBT, sementara pemantauan dilakukan melalui dashboard React.js. Hasil pengujian menunjukkan model YOLOv8n mencapai mAP@50 sebesar 99,5%, presisi 99,97%, recall 100%, dan F1-score 100%. Sensor load cell memberikan akurasi 99,74% dengan toleransi 0,26%. Seluruh 25 skenario Black Box Testing berstatus Berhasil. Latensi end-to-end rata-rata tercatat 7,55 detik. Sistem terbukti mampu menghapus input PLU manual, mengelola penimbangan secara terpusat, dan menjadi solusi modernisasi timbangan digital bagi industri ritel.
Kata Kunci: AIoT; Timbangan Digital; YOLOv8; Virtual Private Server; Deteksi Objek; ESP32;

Abstract: PT Interskala Mandiri Indonesia relies on manual input of Price Look Up (PLU) codes on the keypad for digital weighing, which results in human errors and lower operational efficiency. This study presents the development of an AIoT-based digital scale that integrates YOLOv8 for automatic fruit classification and leverages a Virtual Private Server (VPS) as a centralized data management infrastructure. The ADDIE model is used as the research and development framework. The hardware is built using an ESP32 NodeMCU-32S microcontroller, an ESP32-S3 CAM for image capture, and a load cell with an HX711 module for precise weight measurement. The YOLOv8n model was trained on five fruit classes (fuji apple, orange, lemon, century pear, and dragon fruit) and deployed on a VPS backend via Flask API. Receipt printing is performed through a Bluetooth T3 thermal printer using RawBT software, while monitoring is conducted through a React.js dashboard. Test results show that YOLOv8n achieved mAP@50 of 99.5%, precision of 99.97%, recall of 100%,

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

and F1-score of 100%. The load cell provided 99.74% accuracy with a 0.26% error tolerance. All 25 Black Box Testing scenarios returned a Successful status. Average end-to-end latency was 7.55 seconds. The system proved capable of eliminating manual PLU input, centralizing weighing management, and providing a digital scale modernization solution for the retail industry.
Keywords: AIoT; Digital Weighing Scale; YOLOv8; Virtual Private Server; Object Detection; ESP32;

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dan kecerdasan buatan telah mendorong transformasi sistem otomasi pada berbagai sektor industri, termasuk sektor perdagangan dan retail. Salah satu perangkat yang berperan penting dalam aktivitas perdagangan adalah timbangan digital.

PT Interskala Mandiri Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dalam penyediaan solusi penimbangan digital untuk berbagai sektor, seperti retail, pertanian, pergudangan, perikanan, dan logistik. Pada timbangan digital yang saat ini digunakan, proses identifikasi jenis buah masih dilakukan secara manual oleh operator melalui input kode PLU (Price Look Up) pada keypad timbangan. Proses ini memiliki dua keterbatasan utama: pertama, proses penimbangan menjadi kurang efisien karena operator harus mencari dan memasukkan kode PLU; kedua, terdapat potensi kesalahan manusia (human error) dalam input kode yang menyebabkan ketidaksesuaian antara jenis produk dan harga yang tercetak pada label [1].

YOLO (You Only Look Once) menggunakan pendekatan jaringan saraf tiruan untuk mendeteksi objek pada citra, di mana citra dibagi menjadi beberapa wilayah dan sistem memprediksi bounding box beserta probabilitas untuk setiap wilayah [1]. Perkembangan terbaru algoritma ini adalah YOLOv8 yang dikembangkan oleh Ultralytics, menunjukkan keunggulan dalam akurasi dan efisiensi dibandingkan metode lain seperti Faster R-CNN dan SSD [2][3]. YOLOv8 juga mendukung beragam tugas computer vision seperti object detection, instance segmentation, pose estimation, dan object tracking [2].

Implementasi model deep learning seperti YOLOv8 membutuhkan sumber daya komputasi yang memadai. VPS merupakan server virtual yang menyediakan sumber daya secara mandiri untuk satu pengguna serta tidak dipengaruhi oleh pengguna lain, dengan teknologi virtualisasi yang memungkinkan beberapa sistem operasi berjalan dalam satu mesin fisik [4]. VPS memberikan akses penuh (full root access) dan fleksibilitas pengelolaan sistem dengan efisiensi biaya dibandingkan server fisik [5]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang sistem timbangan digital berbasis AIoT yang mampu mendeteksi jenis buah secara otomatis menggunakan YOLOv8 dengan infrastruktur VPS sebagai backend terpusat guna meningkatkan efisiensi operasional dan meminimalkan kesalahan dalam proses transaksi penimbangan.

Penelitian ini berkontribusi pada aspek berikut: (1) mengintegrasikan algoritma YOLOv8 secara langsung ke dalam sistem timbangan digital berbasis IoT; (2) memanfaatkan VPS sebagai infrastruktur terpusat untuk pengelolaan data, inferensi model, dan manajemen transaksi; (3) menghasilkan sistem end-to-end dari pengambilan citra hingga pencetakan struk tanpa input PLU manual.

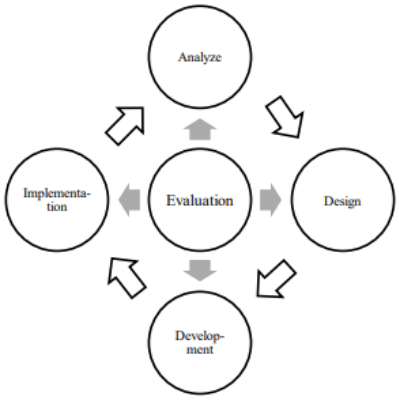
2. METODE PENELITIAN

Pada Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Pemilihan model ini didasarkan pada strukturnya yang sistematis dan berulang, sehingga efektif untuk membangun sistem yang mengintegrasikan perangkat keras (IoT) dan perangkat lunak (AI) [6].

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

A. Tahapan Model ADDIE



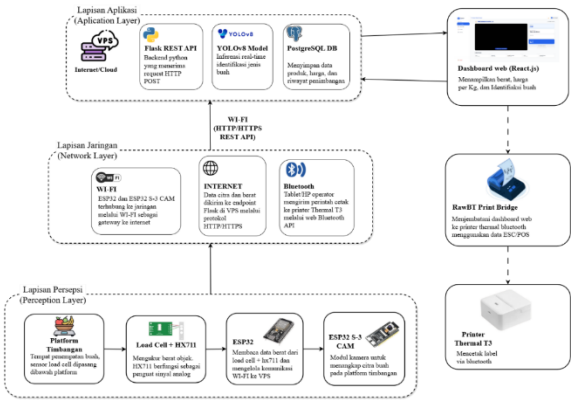
Gambar 1. Model Pengembangan R&D ADDIE

Tahap Analysis mengidentifikasi kebutuhan sistem meliputi sensor Load Cell, modul HX711, ESP32 NodeMCU-32S, ESP32-S3 CAM, dan spesifikasi VPS untuk deployment YOLOv8. Tahap Design merancang arsitektur sistem secara menyeluruh mencakup skema rangkaian elektronik, desain antarmuka React.js, basis data PostgreSQL, dan alur kerja Flask API. Tahap Development merealisasikan rancangan meliputi perakitan prototipe, pengumpulan dan pelabelan dataset buah, pelatihan model YOLOv8n di Google Colab, serta pengembangan kode backend dan frontend. Tahap Implementation mengintegrasikan dan menguji seluruh komponen secara bersamaan. Tahap Evaluation mengukur performa sistem: akurasi deteksi (mAP@50), presisi pembacaan sensor berat, dan latensi end-to-end.

B. Arsitektur Sistem AIoT

Sistem mengadopsi pendekatan two-tier architecture terdiri dari lapisan edge (perangkat keras lokal) dan lapisan cloud (VPS). Arsitektur terdiri dari tiga lapisan utama:

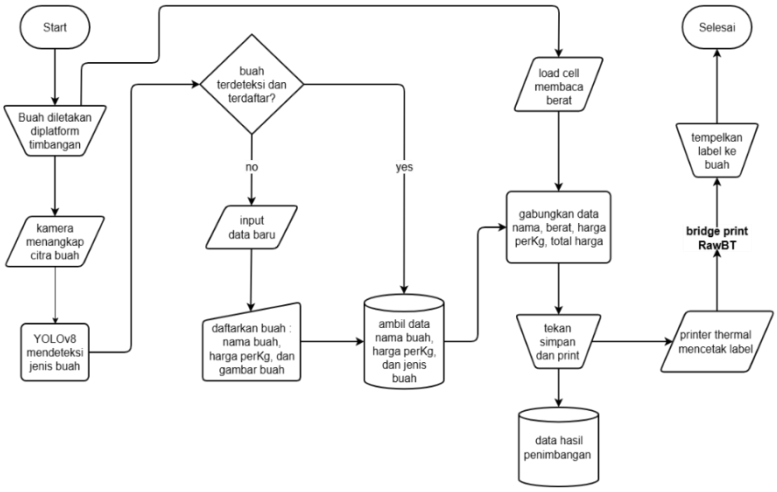
(1) Perception Layer: Load cell beserta HX711 untuk pengukuran berat, dan kamera ESP32-S3 CAM untuk pengambilan citra; (2) Network Layer: ESP32 NodeMCU-32S dan ESP32-S3 CAM menggunakan koneksi Wi-Fi untuk mengirimkan data ke endpoint REST API VPS melalui protokol HTTP; (3) Application Layer: Flask REST API sebagai penerima dan pemroses permintaan, model YOLOv8 untuk inferensi objek, database PostgreSQL untuk penyimpanan data produk dan riwayat transaksi, serta dashboard React.js sebagai antarmuka visual.



Gambar 2. Arsitektur Sistem IoT

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361



Gambar 3. Diagram Alur Sistem

C. Perangkat Keras yang Digunakan

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Perangkat Keras

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
ESP32 NodeMCU-32S	ESP32 ESP-32S DOIT CP2102 Type-C 38 Pin	Mikrokontroler utama, membaca sensor berat, komunikasi ke VPS
ESP32-S3 CAM	ESP32-S3 WROOM N16R8 CAM Module OV5640	Menangkap gambar buah secara real-time untuk dikirim ke VPS
Load Cell + HX711	Kapasitas 10 kg, resolusi 24-bit ADC	Mengukur berat objek dan mengkonversi sinyal analog ke digital
Printer Thermal T3	58mm, koneksi Bluetooth	Mencetak label harga beserta nama buah dan berat via Bluetooth
Virtual Private Server	4 vCPU, RAM 4GB, Ubuntu 26.04 LTS	Hosting backend Flask, frontend React.js, database PostgreSQL, model YOLOv8

D. Pelatihan Model YOLOv8

Pemilihan varian model didasarkan pada analisis trade-off antara ukuran parameter, kecepatan inferensi, dan akurasi. YOLOv8 tersedia dalam lima varian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan varian Model YOLOv8

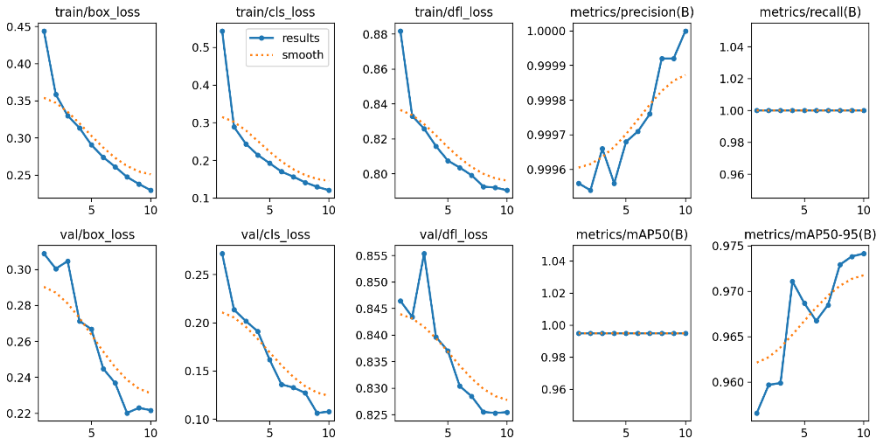
model	Parameter (M)	FLOPs (B)	mAP@50-95	Kecepatan CPU ONNX (ms)
YOLOv8n	3,2	8,7	37,3%	80,4
YOLOv8s	11,2	28,6	44,9%	128,4
YOLOv8m	25,9	78,9	50,2%	234,7
YOLOv8l	43,7	165,2	52,9%	375,2
YOLOv8x	68,2	257,8	53,9%	479,1

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

Berdasarkan Tabel 2, dipilih varian YOLOv8n dengan tiga pertimbangan utama. Pertama, inferensi dilakukan di sisi VPS menggunakan CPU (4 vCPU, RAM 4 GB) tanpa akselerasi GPU, sehingga kecepatan inferensi menjadi faktor kritis. YOLOv8n dengan ~80 ms/gambar jauh lebih efisien dibanding varian yang lebih besar. Kedua, dataset terdiri dari hanya 5 kelas buah dalam kondisi pengambilan gambar yang terkontrol, sehingga kapasitas model besar seperti YOLOv8m atau YOLOv8l tidak diperlukan dan berisiko overfitting pada dataset kecil. Ketiga, dibandingkan dengan model deteksi objek lain: Faster R-CNN menggunakan pendekatan two-stage yang jauh lebih lambat (>200 ms/gambar pada CPU) dan tidak cocok untuk kebutuhan inferensi near-real-time; SSD memerlukan anchor yang dikonfigurasi manual dan umumnya kurang akurat pada objek berukuran bervariasi; EfficientDet menawarkan akurasi kompetitif namun ekosistemnya lebih kompleks untuk di-deploy ke VPS dibanding Ultralytics YOLOv8. YOLOv8 terbukti unggul dalam performa real-time dibanding SSD dan Faster R-CNN, menjadikannya pilihan tepat untuk sistem dengan kebutuhan latensi rendah. Algoritma YOLO memproses gambar melalui satu kali forward pass sehingga dapat mendeteksi banyak objek secara bersamaan dengan kecepatan lebih tinggi dibanding algoritma deteksi lainnya.

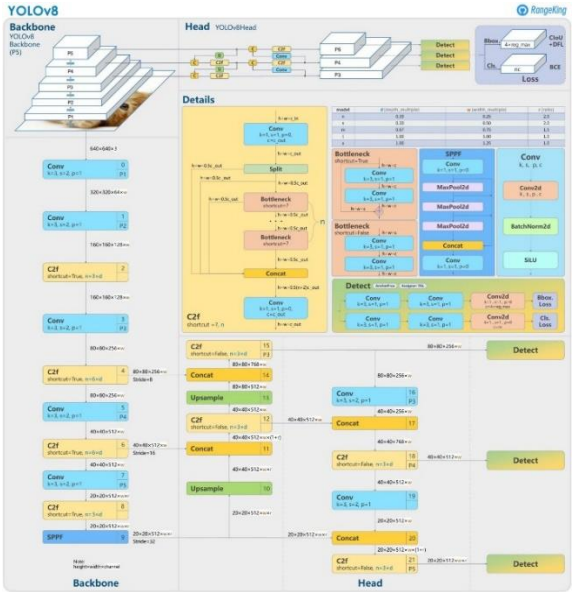
Pemilihan 10 epoch pada eksperimen awal didasarkan pada dua pertimbangan. Pertama, pelatihan menggunakan pendekatan transfer learning dengan bobot pre-trained YOLOv8n yang telah dilatih pada dataset COCO (lebih dari 100.000 gambar, 80 kelas objek), sehingga model sudah memiliki representasi fitur visual yang kaya sebelum fine-tuning dimulai, kondisi ini memungkinkan konvergensi lebih cepat dibanding pelatihan dari nol. Kedua, dataset buah hanya terdiri dari 5 kelas dengan karakteristik visual yang cukup berbeda antar kelas (warna, bentuk, dan tekstur yang kontras), sehingga model tidak memerlukan banyak iterasi untuk mempelajari perbedaannya. Hal ini dikonfirmasi oleh grafik training loss dan validation loss (Gambar 4) yang menunjukkan kedua kurva turun secara konsisten dan mendekati konvergensi tanpa gap signifikan di antara keduanya, mengindikasikan tidak terjadi overfitting maupun underfitting.



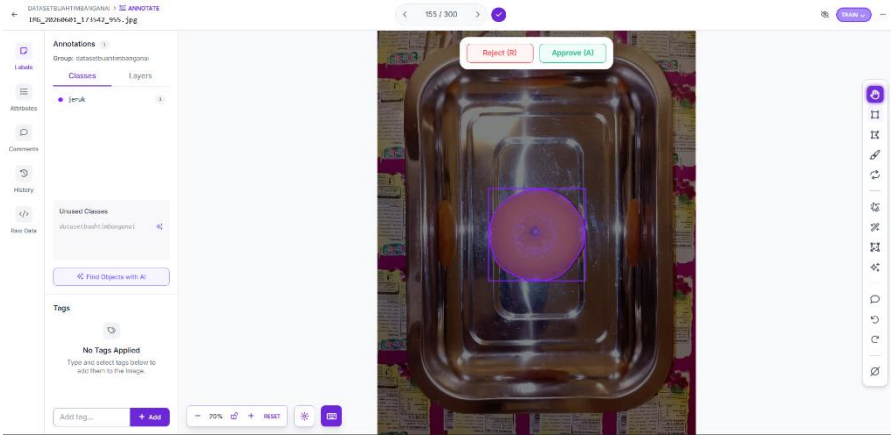
Gambar 4. Grafik training loss dan validation loss

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

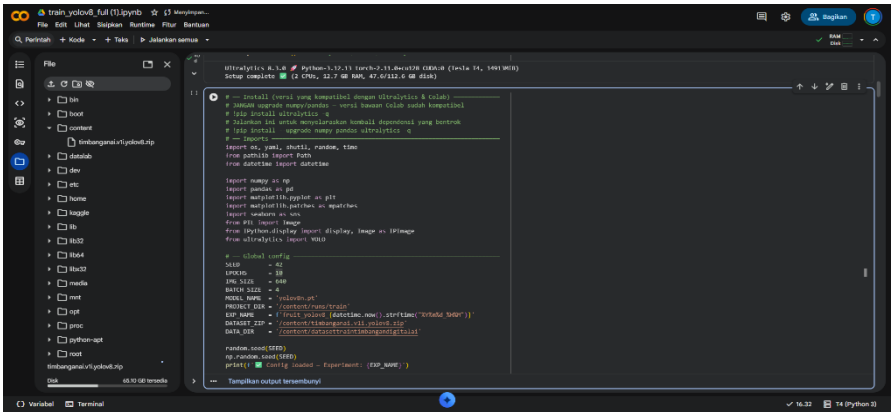
CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361



Gambar 5. Arsitektur YOLOv8



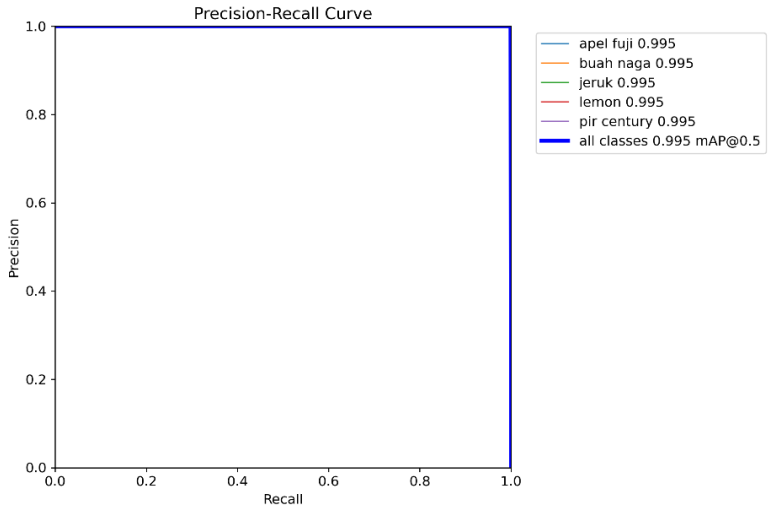
Gambar 6. Pelabelan Dataset di Roboflow



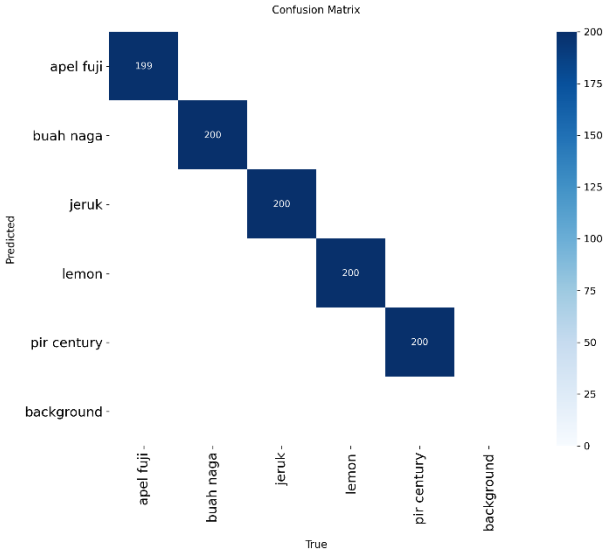
Gambar 7. Proses Training di Google Colab

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361



Gambar 8. Precision Recall Curve Model YOLOv8



Gambar 9. Confusion Matrix Model YOLOv8

Tabel 3. Hasil Evaluasi Model YOLOv8

No	Metrik Evaluasi	Nilai
1	mAP@50	99,5%
2	mAP@50-95	97,3%
3	Precision (Overall)	99,97%
4	Recall (Overall)	100%

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

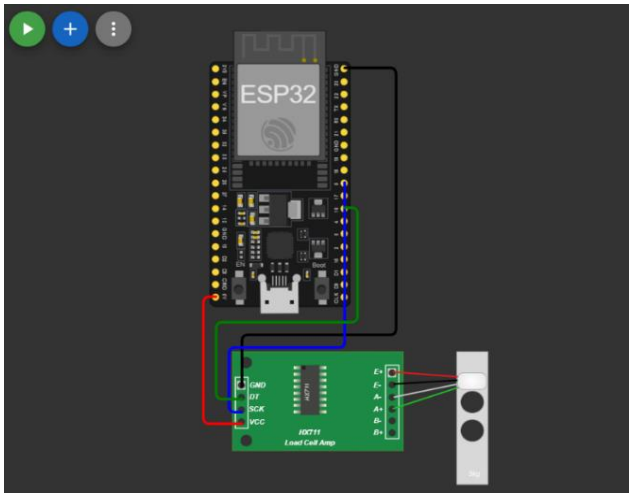
E. Metode Pengujian

Pengujian menggunakan dua pendekatan. Black Box Testing dilakukan terhadap 25 skenario uji yang mencakup seluruh fungsi sistem. Status kelulusan dinyatakan "Berhasil" jika keluaran aktual sesuai dengan keluaran yang diharapkan, dan "Gagal" jika tidak sesuai. Latency Testing mengukur waktu respons pada titik-titik pengukuran utama sebanyak 10 kali percobaan pada kondisi jaringan WiFi stabil (unduh rata-rata 41,10 Mbps, unggah 16,07 Mbps) untuk memperoleh nilai minimum, maksimum, dan rata-rata yang representatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Perangkat Keras

Perakitan perangkat keras mencakup penghubungan load cell dengan modul HX711 melalui empat kabel output (E+, E-, A+, A-) ke ESP32 NodeMCU-32S pada pin DT 16 dan SCK 5. Kalibrasi dilakukan menggunakan anak timbangan standar 2 kg menghasilkan faktor kalibrasi 226,92. Modul ESP32-S3 CAM dipasang pada posisi sudut pandang optimal (kurang lebih 45 derajat dari atas platform). Printer Thermal T3 terhubung secara nirkabel via Bluetooth ke perangkat Android operator menggunakan RawBT sebagai bridge [9].



Gambar 10. Rangkaian ESP32 NodeMCU-32S, Load Cell, dan Modul HX711

Gambar 11. Penerapan Rangkaian ESP32, Load Cell, dan HX711

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

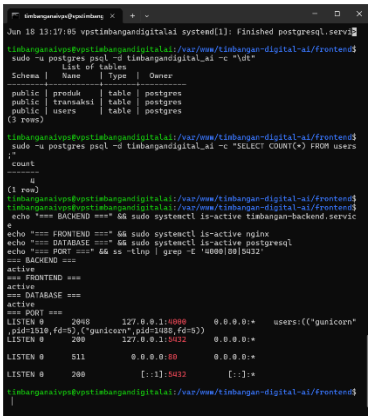
CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

Gambar 12. Perakitan ESP32-S3 CAM

Gambar 13. Perakitan Prototipe Timbangan Digital

B. Implementasi Perangkat Lunak

Deployment VPS dilakukan pada Ubuntu 22.04.4 LTS menggunakan stack Flask, Nginx, Gunicorn, dan PostgreSQL. Database dikonfigurasi dengan tiga tabel utama: produk (nama buah dan harga per kg), transaksi (riwayat penimbangan), dan users (akun dengan role Admin dan Operator). [4][5].



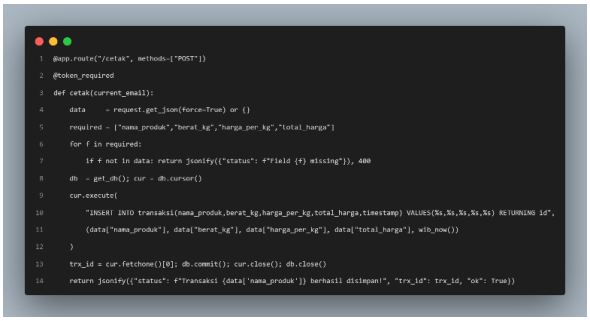
Gambar 14. Backend, Frontend, dan Database Berhasil Deploy Di VPS

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

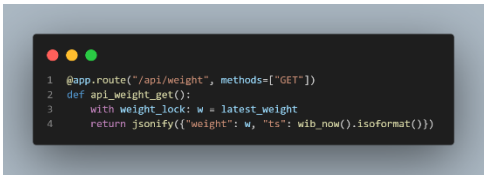
CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

Gambar 15. Endpoint POST /api/weight dan /api/detect_frame

Endpoint Flask API utama meliputi POST /api/weight dan /api/esp32_frame untuk menerima data dari perangkat keras, GET /api/produk untuk data produk, POST /api/cetak untuk menyimpan transaksi ke database, dan GET /api/riwayat untuk riwayat penimbangan [10] [11].



Gambar 16. Endpoint GET /api/weight dan /api/produk



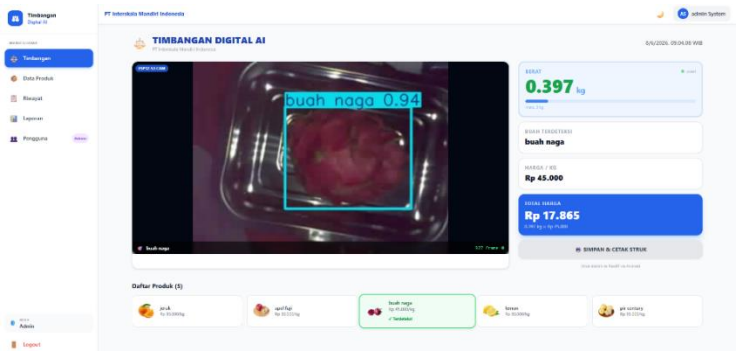
Gambar 17. Endpoint POST /cetak dan GET /api/riwayat

C. Tampilan Antarmuka Pengguna

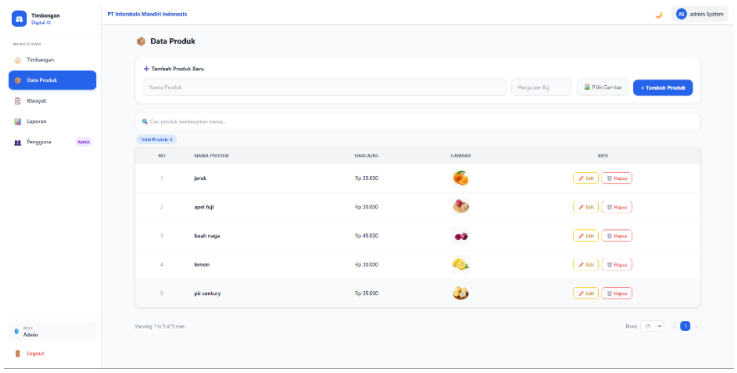
Dashboard web berbasis React.js terdiri dari lima halaman utama: Penimbangan (live stream YOLOv8 dan kalkulasi harga), Data Produk (CRUD buah), Riwayat Penimbangan, Laporan (ekspor Excel/PDF), dan Manajemen Pengguna (khusus Admin). Tampilan antarmuka setiap halaman diilustrasikan pada Gambar 12–16.[12] [9].

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

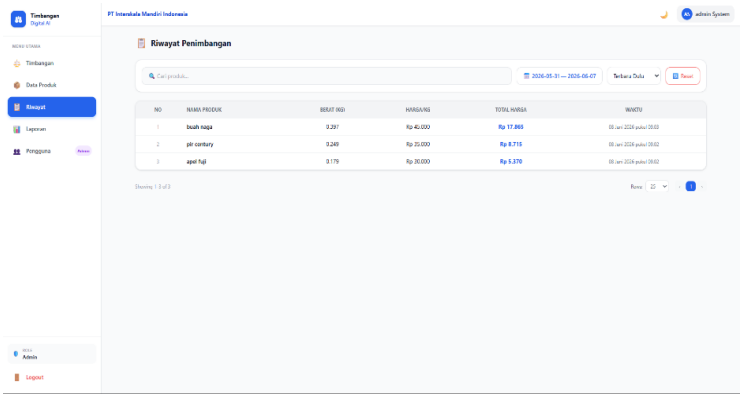
CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361



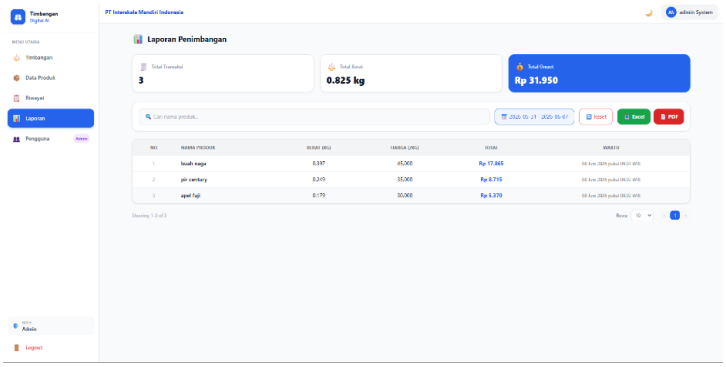
Gambar 18. Antarmuka Halaman Penimbangan



Gambar 19. Antarmuka Halaman Data Produk



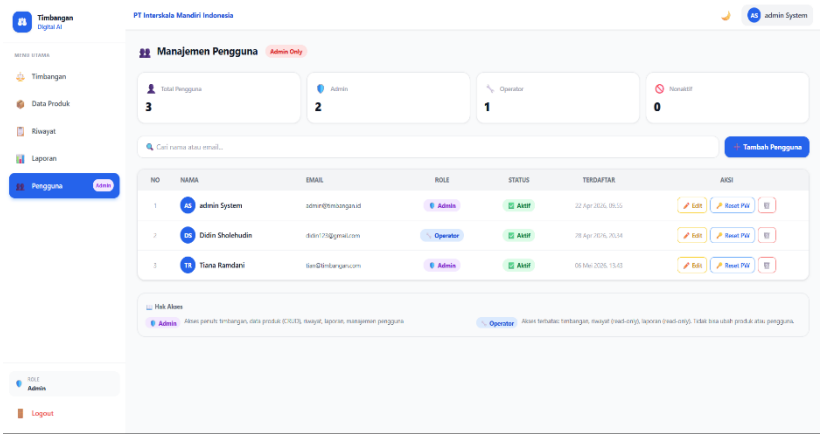
Gambar 20. Antarmuka Halaman Riwayat Penimbangan



Gambar 21. Antarmuka Halaman Laporan Penimbangan

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361



Gambar 22. Antarmuka Halaman Manajemen Pengguna

D. Hasil Black Box Testing

Pengujian Black Box dilakukan terhadap 25 skenario uji yang mencakup seluruh fungsi utama sistem. Hasil selengkapnya ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Black Box Testing Sistem Timbangan Digital AIoT

No	Fungsi yang Diuji	Masukan (Input)	Keluaran yang Diharapkan	Status
1	Deteksi buah jeruk	Meletakkan buah jeruk di atas platform	Sistem menampilkan label "jeruk" confidence score 82%	Berhasil
2	Deteksi buah apel fuji	Meletakkan buah apel fuji di atas platform	Sistem menampilkan label "apel fuji" confidence score 90%	Berhasil
3	Deteksi buah naga	Meletakkan buah naga di atas platform	Sistem menampilkan label "buah naga" confidence score 96%	Berhasil
4	Deteksi buah lemon	Meletakkan buah lemon di atas platform	Sistem menampilkan label "lemon" confidence score 90%	Berhasil
5	Deteksi buah pir century	Meletakkan pir century di atas platform	Sistem menampilkan label "pir century" confidence score 95%	Berhasil
6	Pembacaan berat real-time	Meletakkan objek 0,386 kg di platform	Nilai berat terbaca 0,387 kg (toleransi 1 gram)	Berhasil
7	Berat kembali ke nol	Mengangkat objek dari platform	Nilai berat kembali ke 0,00 kg	Berhasil
8	Kalkulasi total harga otomatis	Deteksi buah naga 0,387 kg, Rp45.000/kg	Total harga tampil Rp17.415	Berhasil
9	Tampil hasil deteksi di dashboard	Sistem menerima respons JSON dari VPS	Nama buah, berat, harga/kg, total harga ditampilkan	Berhasil

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

No	Fungsi yang Diuji	Masukan (Input)	Keluaran yang Diharapkan	Status
10	Simpan transaksi ke database	Operator tekan Simpan & Cetak Struk	Data tersimpan di tabel transactions PostgreSQL	Berhasil
11	Cetak struk via RawBT	Operator tekan Simpan & Cetak Struk	Struk tercetak Printer T3: nama buah, berat, harga, total	Berhasil
12	Tambah data produk baru	Admin isi form produk baru, tekan Simpan	Produk baru muncul di tabel halaman Data Produk	Berhasil
13	Edit data produk	Admin ubah harga, tekan Simpan	Harga diperbarui, tercermin pada perhitungan berikutnya	Berhasil
14	Hapus data produk	Admin tekan Hapus pada produk tertentu	Produk terhapus dari tabel	Berhasil
15	Pencarian produk	Admin ketik nama produk di kolom pencarian	Tabel hanya tampilkan produk sesuai kata kunci	Berhasil
16	Tampil riwayat transaksi	Operator buka halaman Riwayat Penimbangan	Seluruh transaksi tampil dalam tabel berurutan	Berhasil
17	Filter riwayat berdasarkan tanggal	Operator pilih rentang tanggal	Tabel menampilkan hanya transaksi pada rentang terpilih	Berhasil
18	Export laporan ke Excel	Admin tekan Export Excel	File .xlsx diunduh memuat data transaksi lengkap	Berhasil
19	Export laporan ke PDF	Admin tekan Export PDF	File .pdf diunduh memuat ringkasan laporan	Berhasil
20	Login pengguna berhasil	Email dan password valid	Pengguna masuk dan diarahkan ke halaman sesuai role	Berhasil
21	Login dengan password salah	Password tidak valid	Sistem tampilkan pesan "Email atau password salah"	Berhasil
22	Tambah pengguna baru	Admin isi form, tekan Tambah Pengguna	Akun tersimpan, muncul di tabel manajemen pengguna	Berhasil
23	Hak akses Admin dan Operator dibedakan	Operator akses halaman Manajemen Pengguna	Sistem tolak akses / redirect halaman tidak ditemukan	Berhasil
24	Koneksi ESP32 ke WiFi	ESP32 dinyalakan, WiFi tersedia	ESP32 mendapatkan alamat IP	Berhasil
25	Error handling VPS tidak merespons	ESP32 kirim request saat VPS tidak aktif	ESP32 tampilkan pesan error di serial monitor	Berhasil

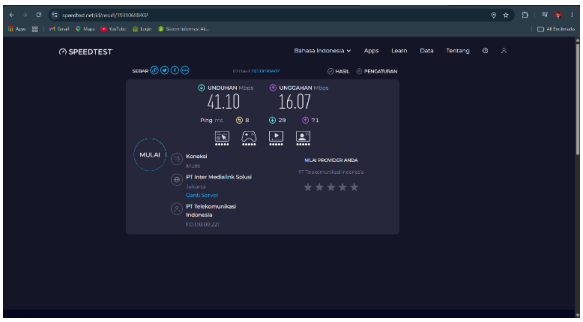
Berdasarkan Tabel 4, dari total 25 skenario uji yang dilakukan, seluruh skenario menunjukkan hasil "Berhasil" dengan keluaran aktual yang sesuai dengan keluaran yang diharapkan. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh fungsi utama sistem timbangan digital AIoT telah berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan fungsional yang ditetapkan, mencakup deteksi buah otomatis, pembacaan dan transmisi data berat, kalkulasi harga,

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

manajemen transaksi, pengelolaan produk, riwayat penimbangan, ekspor laporan, autentikasi berbasis role, serta pencetakan struk melalui RawBT.

E. Hasil Latency Testing



Gambar 23. Hasil Pengukuran Kecepatan WiFi

Pengujian latensi dilakukan sebanyak 10 kali percobaan pada kondisi WiFi stabil (unduh rata-rata 41,10 Mbps, unggah 16,07 Mbps). Hasil ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 5. Hasil Latency Testing Sistem Timbangan Digital AIoT

No.	Titik Pengukuran	Min (det)	Maks (det)	Rata-rata (det)	Keterangan
1	Pengiriman HTTP POST citra dari ESP32-S3 CAM ke Flask API VPS	5,06	9,96	7,55	Dipengaruhi kondisi jaringan WiFi
2	Pengiriman HTTP POST berat dari ESP32 NodeMCU-32S ke Flask API VPS	5,06	9,96	7,55	Dipengaruhi kondisi jaringan WiFi
3	Total end-to-end (trigger sampai tampil di dashboard)	5,06	9,96	7,55	Dipengaruhi kondisi jaringan WiFi
4	Pengiriman perintah cetak via RawBT ke Printer T3	8,16	14,99	11,57	Dipengaruhi kondisi koneksi Bluetooth

Berdasarkan Tabel 5, komponen dengan waktu pemrosesan terlama adalah pengiriman perintah cetak via RawBT ke Printer T3 dengan rata-rata 11,57 detik, dipengaruhi kondisi koneksi Bluetooth. Latensi end-to-end dari trigger hingga data tampil di dashboard tercatat rata-rata 7,55 detik. Tingkat keberhasilan pengiriman HTTP POST dari ESP32 ke VPS mencapai 100% selama pengujian berlangsung pada kondisi WiFi stabil. Latensi saat ini masih berada di atas target kebutuhan non-fungsional (≤3 detik), sehingga optimasi infrastruktur server menjadi prioritas pengembangan berikutnya.

F. Analisis Kinerja Model YOLOv8

Tabel 6. Hasil Evaluasi Model YOLOv8n (200 Sampel Uji)

Overall Dataset	Presisi (%)	Recall (%)	F1-Score (%)	mAP@50 (%)	Sampel
Rata-rata (5 kelas buah)	99,97	100,00	100,00	99,50	200

Model YOLOv8n yang dilatih menggunakan dataset 5.000 citra (1.000 per kelas) berhasil mencapai performa yang sangat baik (Tabel 5). Nilai recall 100% menunjukkan

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

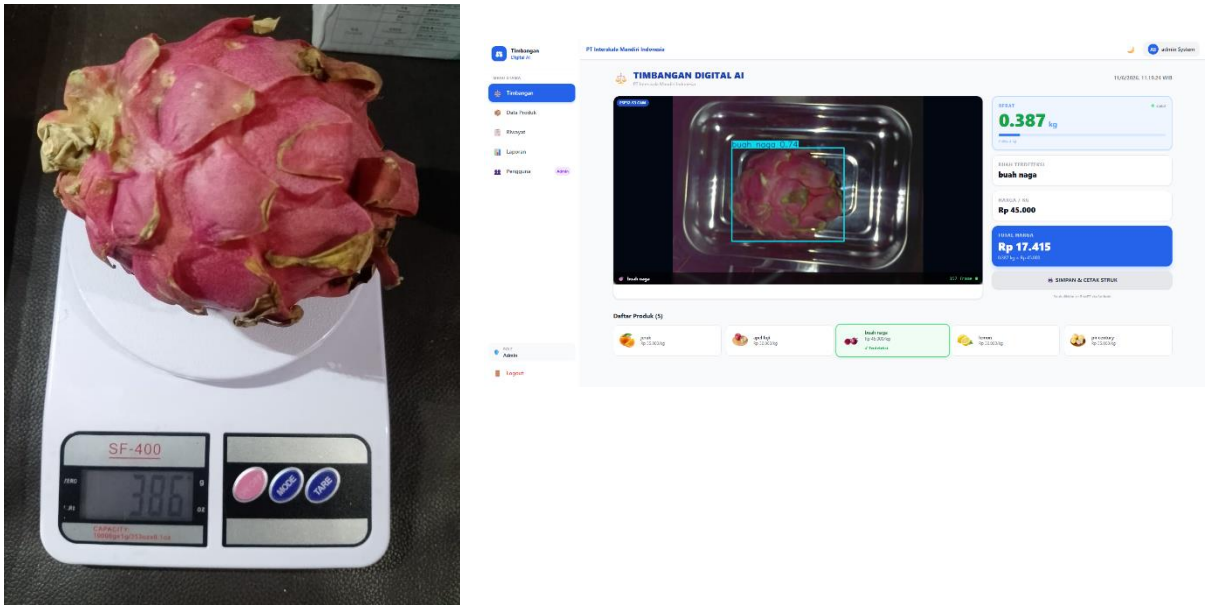
CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

bahwa model tidak menghasilkan missed detection (false negative) pada data uji. Presisi 99,97% mengindikasikan tingkat false positive yang sangat rendah. Hal ini sangat penting dalam konteks operasional ritel untuk menghindari identifikasi salah yang mengakibatkan kesalahan harga. Performa ini melampaui target kebutuhan non-fungsional yang ditetapkan (mAP@50 ≥99,5%, presisi ≥99,97%, recall ≥100%) [3] [7].

Meskipun demikian, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil performa yang sangat tinggi ini. Pertama, terdapat potensi bias dataset karena data latih dan data uji dikumpulkan dalam kondisi pencahayaan dan latar belakang yang serupa di atas platform timbangan yang sama sehingga performa model belum divalidasi pada kondisi pencahayaan ekstrem atau lingkungan yang berbeda secara signifikan dari kondisi pengambilan data. Kedua, data uji sebesar 4% dari total dataset berasal dari proses augmentasi gambar yang sama dengan data latih, sehingga terdapat kemungkinan kemiripan distribusi antara keduanya; validasi menggunakan dataset independen yang dikumpulkan secara terpisah diperlukan untuk mengonfirmasi kemampuan generalisasi model. Ketiga, klaim performa ini berlaku dalam lingkup yang terbatas yaitu 5 kelas buah dengan karakteristik visual yang kontras satu sama lain (perbedaan warna, bentuk, dan tekstur yang signifikan), sehingga kemampuan generalisasi ke kelas buah lain atau kondisi buah yang sebagian tertutup (occlusion) belum dapat dipastikan.

G. Kinerja Sensor Load Cell

Pengujian akurasi sensor load cell menggunakan metode perbandingan dengan anak timbangan terkalibrasi pada beban referensi 2.000 gram. Hasil menunjukkan akurasi rata-rata 99,74% dengan toleransi kesalahan maksimum 0,26% (setara 1 gram pada beban 2.000 gram). Stabilitas pembacaan terjaga dengan fluktuasi tidak melebihi 5 gram setelah objek diam di atas platform. Akurasi ini memenuhi standar operasional untuk penimbangan buah di lingkungan ritel [13] [14].



Gambar 24. Bukti toleransi kesalahan maksimum 1 gram

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

H. Evaluasi Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan sistem: (1) akurasi deteksi sangat tinggi (mAP@50 99,5%, recall 100%) yang menghilangkan risiko missed detection; (2) eliminasi input PLU manual oleh operator; (3) stabilitas komunikasi dengan tingkat keberhasilan HTTP POST 100% pada kondisi WiFi stabil; (4) arsitektur terpusat berbasis VPS yang memungkinkan pembaruan harga tercermin pada seluruh perangkat terhubung tanpa konfigurasi ulang perangkat keras; (5) dashboard komprehensif dengan fitur ekspor Excel dan PDF; (6) akurasi sensor load cell 99,74% yang memenuhi standar operasional [15] [16].

Kekurangan yang teridentifikasi: (1) ketergantungan penuh pada koneksi internet karena inferensi YOLOv8 dilakukan di sisi VPS; (2) keterbatasan pada 5 kelas buah yang memerlukan retraining untuk penambahan varietas baru; (3) sensitivitas terhadap kondisi pencahayaan yang buruk atau terlalu terang; (4) latensi sistem masih berada di atas 7 detik per siklus penimbangan yang memerlukan optimasi infrastruktur; (5) belum mencakup aspek keamanan jaringan secara mendalam seperti enkripsi HTTPS end-to-end.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan sistem timbangan digital berbasis AIoT yang mampu mendeteksi jenis buah secara otomatis menggunakan algoritma YOLOv8, menghilangkan kebutuhan input kode PLU secara manual oleh operator. Sistem dibangun menggunakan ESP32 NodeMCU-32S sebagai kontroler pembacaan berat, ESP32-S3 CAM sebagai modul pengambilan citra, sensor load cell dengan modul HX711, Flask API berbasis VPS, database PostgreSQL, serta dashboard monitoring React.js yang terintegrasi dengan printer termal melalui aplikasi RawBT.

Model YOLOv8n yang dilatih pada dataset 5.000 citra lima kelas buah (apel fuji, jeruk, lemon, pir century, dan buah naga) mencapai mAP@50 99,5%, presisi 99,97%, recall 100%, dan F1-score 100%, membuktikan kemampuan model dalam mengenali kelima kelas buah tanpa missed detection. Sensor load cell memberikan akurasi 99,74% dengan toleransi 0,26%. Seluruh 25 skenario Black Box Testing menunjukkan status "Berhasil". Latensi end-to-end rata-rata tercatat 7,55 detik dengan tingkat keberhasilan transmisi HTTP POST 100% pada kondisi WiFi stabil.

Penggunaan VPS terbukti efektif memusatkan pengelolaan data produk, harga, dan riwayat transaksi. Sistem autentikasi role-based (Admin dan Operator) berjalan sesuai spesifikasi. Untuk pengembangan selanjutnya diprioritaskan: optimasi latensi melalui kompresi citra dan deployment model dalam format ONNX/TensorRT, perluasan kelas buah, penambahan mekanisme offline fallback, dan penguatan keamanan jaringan.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada perancangan pipeline end-to-end yang mengintegrasikan perangkat keras IoT berbasis ESP32, inferensi YOLOv8 di sisi server VPS, dan manajemen penimbangan terpusat berbasis web sebuah arsitektur terpadu dari pengambilan citra hingga pencetakan struk tanpa intervensi PLU manual yang belum ditemukan pada penelitian timbangan digital sebelumnya. Adapun keterbatasan implementasi meliputi: sistem sepenuhnya bergantung pada koneksi internet tanpa mekanisme offline fallback, cakupan deteksi terbatas pada 5 kelas buah dalam kondisi pencahayaan terkontrol, serta latensi end-to-end 7,55 detik. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, peluang pengembangan ke depan mencakup penerapan edge AI untuk memindahkan inferensi langsung ke perangkat (ESP32-S3 atau Raspberry Pi) guna menghilangkan ketergantungan jaringan, kuantisasi model (konversi bobot float32 ke int8) untuk memperkecil ukuran model dan mempercepat inferensi pada CPU, serta optimasi menggunakan TensorRT untuk deployment pada hardware NVIDIA guna mengurangi latensi secara signifikan.

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi

CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering and Informatics
Website : https://ejournal.techcart-press.com/index.php/chain
E-ISSN 2964-2485
P-ISSN 2964-2450
Volume 4, Number 3, July 2026
DOI : **https://doi.org/10.58602/chain.v4i3.310**
Page 345-361

5. REFERENCES

[1] C. Evita, R. Alfita, H. Haryanto, R. Vivin Nahari, M. Ulum, and M. Pramudia, "Rancang Bangun Timbangan Buah Digital Menggunakan Metode YOLO," *J. FORTECH*, vol. 3, no. 1, pp. 34–42, Sep. 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.105.

[2] I. P. Sary, S. Andromeda, and E. U. Armin, "Performance Comparison of YOLOv5 and YOLOv8 Architectures in Human Detection using Aerial Images," *Ultim. Comput. J. Sist. Komput.*, vol. 15, no. 1, pp. 8–13, 2023, doi: 10.31937/sk.v15i1.3204.

[3] R. S. I. Sihombing, W. A. Harahap, and W. K. Rahman, "Implementasi Yolo V8 Untuk Mendeteksi Mata Uang Rupiah Emisi Tahun 2022 Ber-Output Audio," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 5900–5905, 2024.

[4] C. B. Gea, K. Juri, D. Lase, and M. Syamsudin, "Implementasi Virtual Private Server untuk Mini Hosting," vol. 7, no. 02, pp. 5–9, 2023.

[5] M. A. Pratama, H. Setiawan, and Z. R. Mair, "Implementasi Honeypot Sebagai Pendeteksi Serangan Pada Virtual Private Server (VPS)," vol. 01, no. 01, pp. 26–39, 2023.

[6] M. Waruwu, "Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.

[7] L. Palupi, E. Ihsanto, and F. Nugroho, "Analisis Validasi dan Evaluasi Model Deteksi Objek Varian Jahe Menggunakan Algoritma Yolov5," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 234–241, 2023, doi: 10.47065/josh.v5i1.4380.

[8] Suparman and Gani Supriyanto and Agung Kumara, "Rancang Bangun Timbangan Otomatis Menggunakan Sensor Load Cell dan Mikrokontroler Berbasis IoT," *AE Innov. J.*, vol. 2, no. 01, pp. 62–67, 2024, doi: 10.55180/aei.v2i1.1024.

[9] P. Rachmawati, "Perancangan Simulasi Timbangan Digital Menggunakan Sensor Hx711 Dengan Tambahan Buzzer Berbasis Esp32," *Med. Trada*, vol. 4, no. 2, pp. 22–28, 2023, doi: 10.59485/jtemp.v4i2.38.

[10] B. Purnama, E. Insanudin, F. Labib, and N. Sayyid Furqoon, "BATIK: Jurnal Pengembangan dan Pengabdian Masyarakat Multikultural Implementation of Computer Vision for Truck Detection Implementasi Computer Vision untuk Deteksi Truk," vol. 2, no. April, pp. 17–23, 2024.

[11] J. Awaliah and A. B, "Penggunaan Teknologi Computer Vision dalam Deteksi Objek pada Sistem Keamanan Otomatis," J. Informatics Comput. Res., 2026, in press.

[12] M. E. Andi Nahrul Hayat, F. M. S. Nursuwars, and A. Aripin, "Timbangan Beras Digital Berbasis Narrowband Internet of Things," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 61–66, 2022, doi: 10.37058/jeee.v4i1.3459.

[13] F. Feryanti, F. Pratiwi, N. Biopari, and E. Silaban, "Smart Bag Pendeteksi Berat yang Dilengkapi dengan Sensor Load Cell dengan Metode Brainstorming," *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 365–370, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1831.

[14] H. Nathasya, "REVIEW ON DIGITAL WEIGHING INDICATOR," *Edu Res. Indones. Inst. Corp. Learn. Stud.*, vol. 5, no. 1, pp. 70–80, 2024.

[15] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler," vol. 4, no. 1, pp. 60–66, 2023.

[16] N. Litayem, "Scalable Smart Home Management with ESP32-S3: A Low-Cost Solution for Accessible Home Automation," *2024 Int. Conf. Comput. Appl. ICCA 2024*, pp. 1–7, 2024, doi: 10.1109/ICCA62237.2024.10927887.

Rully Pramudita: *Penulis Korespondensi