


ALAT PENIMBANG BUAH OTOMATIS BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DENGAN ESTIMASI KANDUNGAN NUTRISI

Jilan Alhafizh¹, Muhammad Nasrul Mubin, S.T., M.T²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo,
Jawa Tengah, Indonesia

 Email korespondensi: d400210074@student.ums.ac.id

Abstrak. Timbangan merupakan salah satu alat penting yang digunakan oleh para pedagang untuk menentukan harga jual berdasarkan berat barang. Hampir seluruh sektor perdagangan menggunakan timbangan, mulai dari penjual telur, sayur, buah, ikan hingga daging. Seiring berkembangnya teknologi, timbangan konvensional mulai beralih ke sistem digital yang lebih praktis dan akurat. Penelitian ini mengembangkan sebuah timbangan buah otomatis berbasis pengolahan citra menggunakan *Raspberry Pi 4* dan metode YOLOv8 untuk mendeteksi jenis buah secara otomatis. Alat ini juga mampu menampilkan berat, harga, serta estimasi kandungan nutrisi dari buah yang ditimbang secara langsung melalui antarmuka web. Selain itu, sistem ini memungkinkan proses pembayaran secara mandiri dan mencetak struk pembelian. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi jenis buah dan menimbang beratnya dengan baik. Sistem dapat mendeteksi buah dengan akurasi sebesar 84%, akurasi dalam pembacaan berat buah sebesar 97% dan selisih rata-rata nilai harga jual sebesar 0,257%. Inovasi ini diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan transaksi sekaligus memberikan edukasi terkait kandungan nutrisi pada buah yang dikonsumsi.

Kata kunci: *Timbangan buah, pengolahan citra, pengenalan buah, estimasi nutrisi, sensor berat (load cell).*



PENDAHULUAN

Tingginya kesadaran masyarakat terhadap pola makan sehat dan konsumsi buah menciptakan kebutuhan akan sistem informasi gizi yang praktis dan akurat. Pada saat yang sama, tren otomatisasi dan *self service* dalam industri ritel terus meningkat. Kondisi ini menciptakan urgensi untuk mengembangkan alat penimbang buah yang tidak hanya mengukur berat, tetapi juga mampu mengenali jenis buah dan memberikan estimasi kandungan nutrisinya secara otomatis.

Timbangan, sebuah alat yang diperlukan oleh para pedagang untuk mengetahui berapa nilai berat dari suatu benda (Hanung, 2023). Banyak pedagang yang menggunakan sebuah alat timbangan mulai dari pedagang telur, sayur, buah, ikan bahkan hingga daging. Timbangan tersebut digunakan sebagai alat untuk melakukan jual beli berdasarkan berat dari barang yang dijual (Wahyunti, 2021). Banyak timbangan yang ada di pasaran seperti timbangan neraca, timbangan duduk, dan timbangan kodok. Dengan perkembangan teknologi di zaman sekarang banyak timbangan yang sudah menggunakan timbangan digital sehingga mempermudah para pedagang dalam melakukan penimbangan karena timbangan digital lebih akurat dan presisi dibanding dengan timbangan konvensional (Rahman, 2022). Timbangan buah merupakan jenis timbangan yang dirancang untuk menimbang berat pada buah-buahan dengan presisi. Alat ini biasanya digunakan pada supermarket, umumnya berbentuk digital yang dapat menampilkan berat dan juga harga total pada buah berdasarkan beratnya (Evita et al, 2022).

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan beberapa studi mengenai timbangan buah berbasis *image processing*. Salah satunya adalah penelitian oleh Mubarrok et al. 2020 yang merancang timbangan buah otomatis khusus untuk buah anggur dengan menggunakan metode Transformasi *Hough*. Dalam penelitian tersebut, *Raspberry pi* digunakan sebagai otak sistem dan *webcam* sebagai alat pengambil gambar. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa deteksi objek menjadi kurang maksimal ketika intensitas cahaya terhadap buah rendah, sehingga menyebabkan kegagalan dalam pengenalan jenis buah (Mubarrok et al. 2020).

Penelitian lain yang berjudul “Prototipe Timbangan Digital pada Gudang Sembako Berbasis Web” (Rahman et al, 2022) yang membahas mengenai timbangan digital yang terkoneksi dengan situs Web. Sistem ini memungkinkan data berat hasil pengukuran langsung dikirim dan ditampilkan melalui halaman web. Terdapat penelitian lain yang membahas mengenai timbangan buah pintar dengan menerapkan metode *Convolution Neural Network* (CNN) menggunakan ESP32-CAM sebagai otak dari alat tersebut. Sistem ini berhasil memiliki akurasi klasifikasi sebesar 90%, namun masih memiliki keterbatasan



seperti pengaruh cahaya dan posisi load cell yang mempengaruhi sebuah keakuratan pengukuran (Rahman et al. 2023)

Penelitian lain juga membahas tentang timbangan buah digital yang menggunakan metode dari YOLO (*You Only Look Once*). Pada penelitian tersebut otak yang digunakan adalah *Raspberry pi* dan juga *Webcam* berfungsi untuk menangkap video serta mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis buah. Berdasarkan hasil pengujian, alat mampu mengenali jenis buah dengan tingkat akurasi antara 21% sampai 93%, hasil tersebut tergantung dengan jumlah data latih yang digunakan. Selain itu, hasil pengukuran berat didapatkan nilai akurasi sebesar 99,35% dibandingkan dengan timbangan konvensional. (Evita et al., 2022).

Penelitian ini menggunakan *Raspberry Pi* sebagai otak dari alat timbangan buah digital serta menerapkan metode YOLO untuk mendeteksi serta mengklasifikasikan jenis buah yang ditimbang. Inovasi yang membedakan penelitian ini dari penelitian sebelumnya adalah penambahan fitur estimasi kandungan nutrisi pada buah berdasarkan hasil klasifikasi dan berat buah tersebut. Alat ini juga dilengkapi dengan kamera untuk mendeteksi jenis buah secara otomatis, serta sejumlah fitur tambahan yang bertujuan mempermudah pengguna. Fitur tersebut antara lain perhitungan harga buah secara otomatis berdasarkan berat dan jenisnya, serta integrasi sistem pembayaran yang dapat dilakukan oleh pengguna.

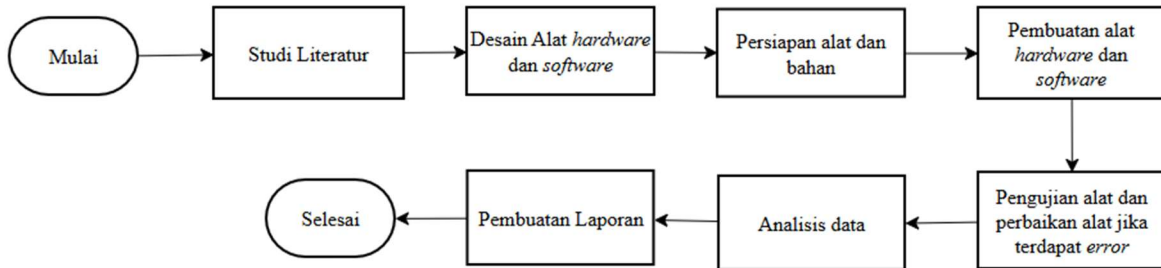
Mengonsumsi buah sangatlah penting untuk kesehatan tubuh karena buah banyak mengandung berbagai macam nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh seperti vitamin, kalori, protein, karbohidrat, serat, kalsium dan lainnya. Oleh karena itu buah sangat berperan penting demi menjaga sistem kekebalan tubuh, melancarkan pencernaan, serta menjaga berbagai penyakit berbahaya seperti diabetes, jantung dan kanker. Menurut WHO, masyarakat Indonesia tergolong rendah dengan rata-rata mengonsumsi buah pada tahun 2020 sebesar 88,56 gram/kapita/hari atau 59,04% dari batas minimal 150 gram per hari. Data dari BPS juga menunjukkan bahwa konsumsi buah dan sayur hanya mencapai 209,89 gram/kapita/hari, masih jauh dari anjuran WHO sebesar 400 gram (Kusmiyati et al., 2022). Masih banyak masyarakat yang belum mengetahui secara pasti kandungan nutrisi dari buah yang mereka konsumsi. Maka dari itu, penelitian ini perlu dilakukan supaya konsumen dapat mengetahui berapa estimasi kandungan nutrisi dari buah yang mereka beli serta mempermudah dalam bertransaksi.

METODE

Dalam pembuatan alat timbangan buah otomatis berbasis pengolahan citra dengan estimasi kandungan nutrisi terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan. Untuk mencapai hasil yang diinginkan maka diperlukan beberapa langkah penelitian.



Berdasarkan Gambar 1. terdapat beberapa metode yang harus dilakukan, berikut merupakan penjelasannya :



Gambar 1. Diagram Alir Metode Pembuatan Alat

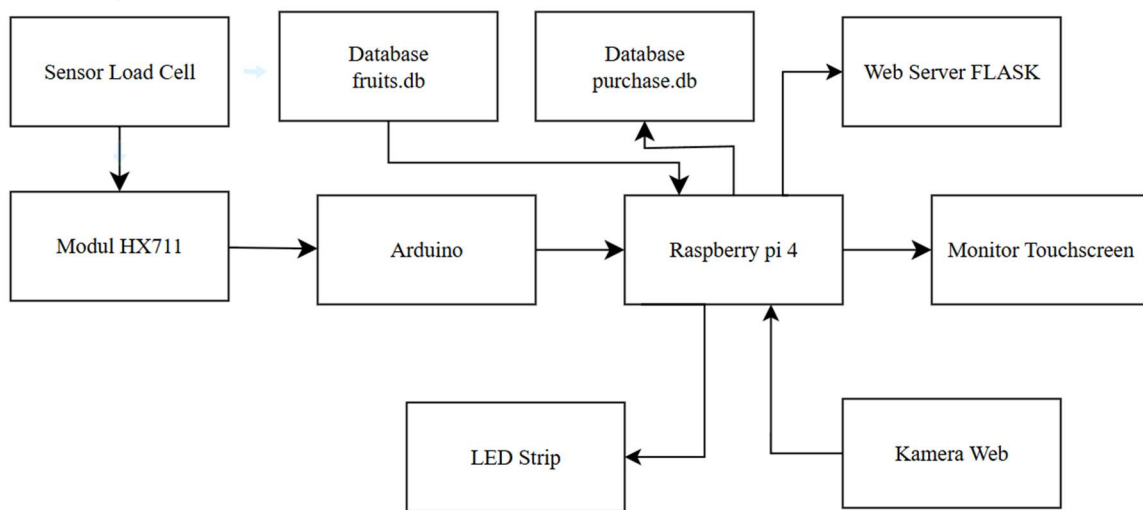
- a. Mencari referensi dari makalah, jurnal, internet yang sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan. Kemudian mengkajinya sebagai rujukan untuk penelitian supaya menghasilkan alat sesuai dengan yang diharapkan dan dapat dikembangkan. Studi literatur yang dikaji mengenai pengolahan citra pada buah bekerja, serta mencari perkembangan alat yang sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.
- b. Pada tahapan desain alat perangkat lunak dan perangkat keras bertujuan untuk merancang sistem alat. Desain dibuat untuk mempermudah dalam perancangan alat dan dapat meminimalkan kesalahan dalam perakitan alat. Perancangan dilakukan berdasarkan kebutuhan sistem, fungsi komponen, dan cara kerja yang diinginkan.
- c. Di tahap ini, alat dan bahan yang sudah direncanakan berdasarkan desain mencakup pengadaan komponen, alat kerja, serta bahan pendukung yang diperlukan untuk perakitan dan pemrograman alat.
- d. Pada tahapan ini, alat dan bahan yang sudah disiapkan selanjutnya dirakit sesuai desain yang sudah rancang. *Software* juga dikembangkan atau di program agar dapat bekerja terintegrasi dengan *hardware*.
- e. Pada tahap ini, alat yang sudah selesai dibuat maka dilakukan pengujian secara keseluruhan baik dari kinerja alat maupun perangkat lunak. Jika terdapat kesalahan (*error*), maka akan dilakukan perbaikan alat dan melakukan pengujian kembali sampai mencapai hasil yang diinginkan sesuai dengan yang telah dirancang.
- f. Setelah melakukan pengujian prototipe, maka akan didapatkan sebuah data untuk mengukur keberhasilan sistem. Analisis berupa persentase kesesuaian



pengenalan jenis buah, rentang *error* yang terjadi dan hal yang menghambat sistem tidak bekerja dengan baik.

- g. Pada tahap terakhir ini berupa pembuatan laporan dari data yang sudah diambil berdasarkan tahapan yang dilakukan sebelumnya mencakup alur kerja sistem, perancangan, pengujian serta analisis dari prototipe yang telah dibuat.

Pada tahap perancangan terdapat 2 perancangan yaitu, perancangan perangkat lunak atau *software* dan perancangan perangkat keras atau *hardware*. Perancangan perangkat keras atau *hardware* meliputi perancangan elektrik, desain alat, pembuatan mekanik alat. Pada perancangan perangkat lunak meliputi pengambilan data buah, pelabelan gambar buah, proses pelatihan data buah, dan pembuatan *website user interface* untuk pengguna saat menggunakan alat.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Pada tahap perancangan alat atau hardware, yang pertama membuat perancangan elektrik dan sistem timbangan buah. Tahap ini merancang sistem instalasi setiap komponen yang akan digunakan dalam pembuatan alat, terdapat beberapa komponen yang digunakan seperti *Raspberry Pi 4*, Sensor Load Cell, Modul HX711, WebCam, Monitor layar sentuh dan adapter *power 5v*. Berdasarkan Gambar 2 cara kerja alat ini sensor Load Cell akan menghasilkan sinyal listrik ketika terdapat beban kemudian dilanjutkan oleh Modul HX711 yang berperan untuk menguatkan sinyal analog dan meneruskannya ke Arduino. Arduino memproses sinyal tersebut lalu dibaca oleh *Raspberry pi 4* sebagai otak dari alat timbangan buah ini. *Raspberry pi* sebagai pusat kendali sistem akan memproses seluruh data yang diterima, baik data berat maupun data visual dari kamera web untuk klasifikasi jenis buah menggunakan model deteksi objek YOLO. Versi YOLO yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan YOLOv8. Hasil



pemrosesan ditampilkan dalam bentuk antarmuka web yang dapat diakses oleh pengguna menggunakan monitor layar sentuh, sehingga pengguna melihat informasi lengkap seperti nama buah, berat, harga, dan kandungan nutrisi.

Berdasarkan Gambar 3 terdapat *Raspberry pi 4* yang digunakan sebagai otak dari alat ini. *Raspberry pi* merupakan sebuah SBC (*Single Board Computer*), yaitu sebuah komputer berukuran kecil hal tersebut lah yang menjadikan *Raspberry* dipilih oleh peneliti selain karena ukurannya yang ringkas, *Raspberry Pi* dapat menjalankan berbagai tugas seperti deteksi objek berbasis YOLOv8, pengolahan citra, serta *hossting* web server berbasis Flask. Selain *Raspberry pi*, terdapat sensor load cell dan modul HX711 yang digunakan untuk mengukur berat buah yang akan ditimbang dengan alat. Load cell merupakan sensor untuk mengubah tekanan menjadi sinyal listrik. Sensor ini bekerja menggunakan prinsip regangan (*strain gauge*) yaitu perubahan tekanan akan menyebabkan perubahan resistansi kemudian dikonversi menjadi sinyal analog. Modul HX711 sebagai pengubah sinyal analog dari Load Cell menjadi sinyal digital yang akan diterima oleh Arduino. Pin VCC HX711 terhubung dengan pin 5V dari Arduino, pin GND dari modul terhubung dengan pin GND dari Arduino.

Arduino digunakan untuk membaca nilai dari modul HX711, berat buah yang ditimbang akan dibaca oleh arduino lalu berat tersebut ditampilkan di serial. Nilai yang tertampil di serial akan dibaca oleh *Raspberry pi* melalui kabel usb. Nilai tersebut lah yang akan ditampilkan oleh *Raspberry pi* pada tampilan halaman *website*.

Kamera Web digunakan untuk menangkap serta menampilkan video pada halaman web, sehingga pengguna dapat melihat juga melalui halaman web. Selain itu video yang diambil oleh kamera akan diproses oleh sistem berbasis model YOLO v8 untuk melakukan klasifikasi jenis buah yang ditimbang, Model ini akan menganalisa setiap frame untuk mengenali jenis buah yang ditimbang.

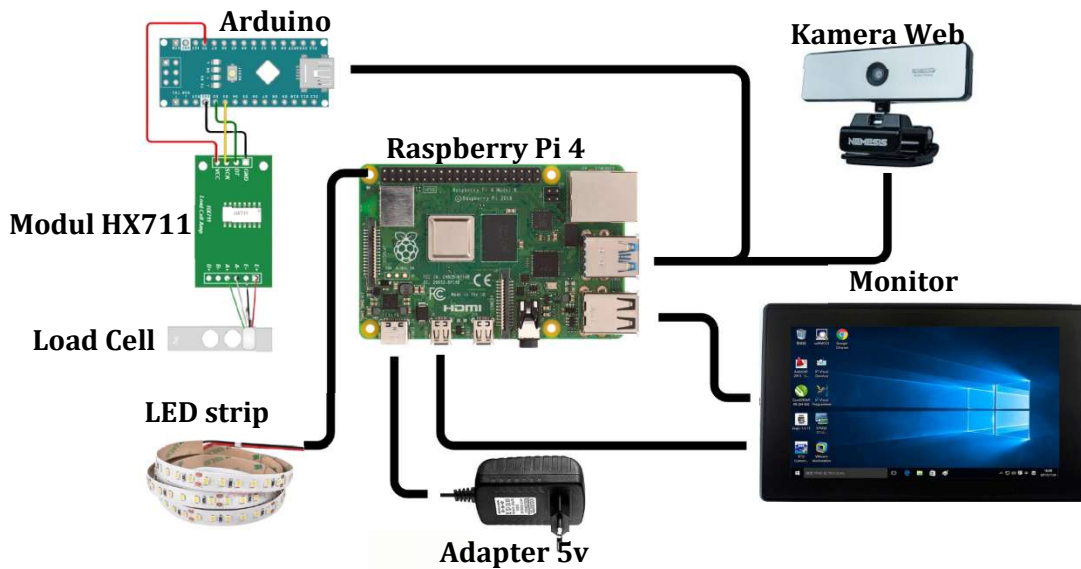
Monitor *touchscreen* yang digunakan untuk menampilkan halaman web, sehingga pengguna dapat melihat secara langsung jenis buah yang ditimbang. Pengguna juga dapat melihat berat buah yang ditimbang, harga buah dan total harga berat buah yang ditimbang. Tak kalah penting informasi kandungan nutrisi pada buah yang hendak dibeli oleh pengguna. Pemilihan monitor layar sentuh adalah supaya pengguna dapat berinteraksi secara langsung dengan alat nya lalu dapat membeli alat buah yang ditimbang. Ketika pengguna menekan tombol bayar maka akan secara otomatis mencetak struk buah yang dibeli.

LED strip adalah rangkaian lampu Light Emitting Diode (LED) yang disusun berurutan pada papan sirkuit fleksibel, berbentuk seperti pita atau strip. Pada alat ini digunakan sebagai penerangan kamera ketika merekam buah yang sedang ditimbang. Kamera membutuhkan penerangan supaya sistem dapat mendeteksi serta memproses klasifikasi

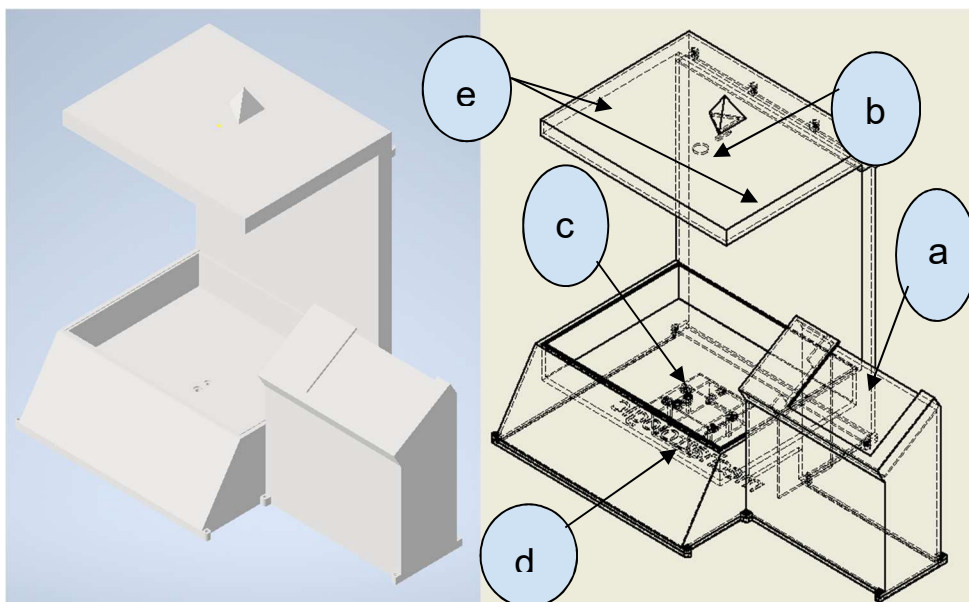


jenis buah dengan lebih baik dan mengurangi kesalahan dalam mengklasifikasi jenis buah.

Terakhir yaitu Adaptor *power* 5v yang digunakan sebagai daya utama pada alat, adapter ini terhubung ke *Raspberry pi*. Adapter ini menyuplai tegangan listrik 5 Volt dengan arus 3 Ampere, sesuai kebutuhan *Raspberry pi*. Adapter terhubung ke *port type-C* pada *Raspberry* maka secara tidak langsung memberikan daya juga ke komponen yang lain seperti kamera, monitor, Sensor Load cell. Stabilitas daya diperlukan supaya alat dapat berjalan dengan optimal tanpa mengalami kendala



Gambar 3. Skematik



Gambar 4. Desain 3D Alat



Pada perancangan perangkat keras juga melibatkan pembuatan mekanik alat atau pembuatan desain untuk alat. Perancangan desain ini menyesuaikan semua komponen elektronika yang digunakan pada alat, sehingga perlu memperhitungkan dimensi dari setiap komponen seperti *Raspberry pi*, arduino, monitor touchscreen, kamera web, serta sensor load cell. Desain dibuat menggunakan aplikasi Autodesk Inventor dan desain keseluruhan alat seperti pada Gambar 4.

Keterangan :

- a. Monitor *Touchscreen*
- b. Kamera Web
- c. Sensor load cell dan modul HX711
- d. *Raspberry Pi 4*
- e. LED Strip

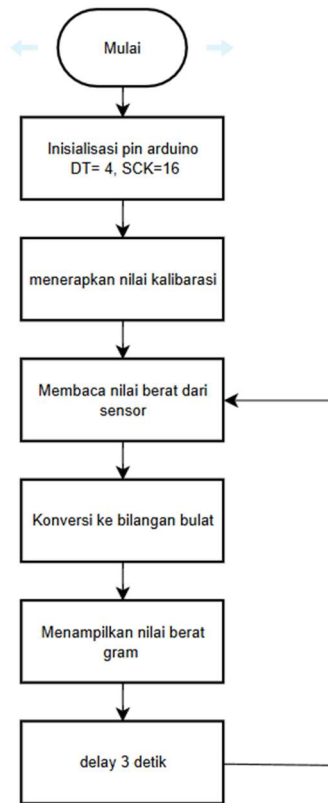
Selain memperhitungkan ukuran semua komponen elektronika pada desain ini, peneliti juga mementingkan kenyamanan pengguna, estetika, dan fungsional. Peletakan monitor layar sentuh disamping timbangan berfungsi supaya pengguna dapat mengoperasikan alat dengan mudah. Kamera web ada pada bagian atas alat menghadap kebawah yang digunakan agar alat mengambil gambar buah yang sedang ditimbang. Sensor load cell dan *Raspberry pi* terletak pada bagian bawah atau bagian dalam alat supaya tidak terlihat oleh pengguna dan terlihat rapi. Terakhir LED Strip supaya buah yang timbang dan dibaca oleh alat dapat terlihat dengan jelas, tidak gelap. Sehingga dapat mempermudah dalam pembacaan buah menggunakan pengolahan citra

Tahap perancangan perangkat lunak dimulai dengan membuat program arduino untuk load cell, pengolahan citra, dan program web.

1. Arduino

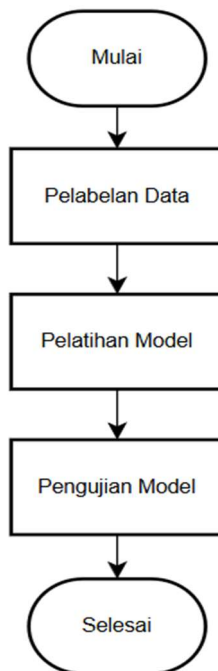
Tahap pertama yaitu dimulai dengan program arduino untuk membaca nilai dari sensor load cell. Sensor load cell adalah sebuah sensor yang digunakan untuk membaca tekanan atau massa pada sebuah beban dengan menghasilkan sinyal listrik dimana besaran dari sinyal sebanding dengan massa beban yang diukur (Rahman, 2022). Sensor inilah yang digunakan pada alat timbangan sebagai salah satu komponen utama dikarenakan berfungsi mengukur nilai massa pada buah yang ditimbang. Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 5, Arduino dimulai dengan menginisialisasi pin 4 sebagai DT dan pin 16 sebagai SCK. Kemudian Arduino akan memulai kalibrasi menjadi 0 pada timbangan dan selanjutnya Arduino akan membaca nilai berat pada sensor. Nilai tersebut akan dikonversi menjadi bilangan bulat sehingga tidak ada nilai dibelakang koma. Nilai ditampilkan pada serial monitor, lalu diberi delay selama 3 detik dan sistem akan terus mengulang untuk membaca nilai berat massa pada sensor load cell.





Gambar 5. Diagram Alir Arduino

2. Pengolahan Citra



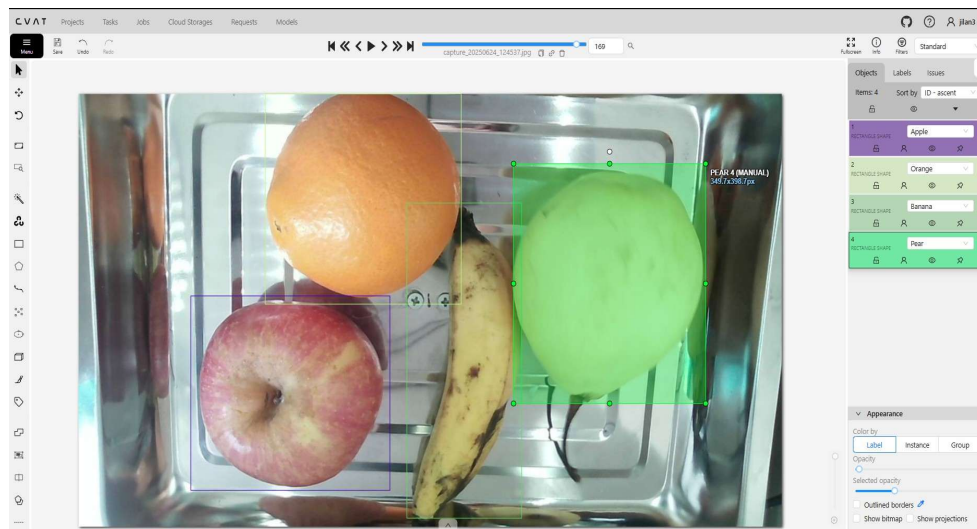
Gambar 6. Tahapan Proses Pengolahan Citra



Tahap pengolahan citra dalam penelitian ini meliputi beberapa proses, yaitu pelabelan data buah, pelatihan model menggunakan data buah, dan tahap akhir yaitu pengujian data buah. Gambar 6 menunjukkan proses dari tahap pengolahan citra.

- Pelabelan Data

Pada tahap ini, pelabelan dilakukan untuk mempermudah serta mempercepat proses pengenalan objek buah oleh sistem. Proses pelabelan data menggunakan *Computer Vision Annotation Tool* (CVAT) yaitu sebuah alat bantu untuk proses pelabelan data pada gambar dan video dalam bidang *computer vision* (Vijayakumar et al, 2024). CVAT bertugas sebagai alat pelabelan dengan memberikan anotasi berupa nama kelas dan area objek berupa kotak pembatas (*bounding box*) pada setiap gambar buah dengan manual. Proses ini bertujuan supaya sistem dapat belajar mengenali ciri khas masing-masing buah secara akurat. Hasil pelabelan disimpan dalam format YOLO. Pada Gambar 7 menunjukan tampilan dari CVAT dan contoh pelabelan terhadap jenis buah.



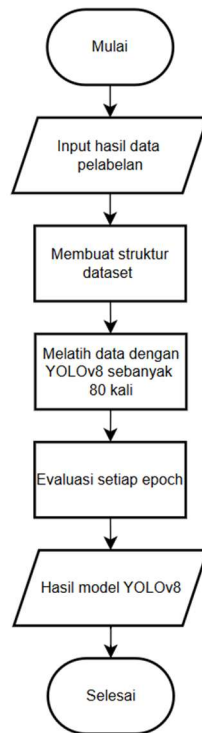
Gambar 7. Pelabelan Data Buah

- Pelatihan Model

Setelah proses pelabelan telah selesai, hasil dari data pelabelan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dataset untuk melakukan tahap proses pelatihan model menggunakan algoritma deteksi objek YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8), yaitu sebuah algoritma deteksi objek yang memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dan akurasi dalam mengenali objek pada gambar. Tahap pelatihan ini bertujuan untuk mengajarkan model agar mampu mengenali dan membedakan jenis buah berdasarkan bentuk, warna, dan pola visual lainnya. Dataset yang digunakan mencakup gambar yang sudah dilabeli serta konfigurasi seperti, *learning rate*, jumlah *epoch*, dan arsitektur model. Dataset dibagi menjadi dua bagian yaitu data pelatihan dan data validasi untuk mengukur performa model. Hasil dari pelatihan ini berupa model terlatih yang mampu mendeteksi dan



mengklasifikasikan buah dengan tingkat akurasi yang tinggi berdasarkan data yang telah diberikan. Diagram Alir Pelatihan Data dapat dilihat Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Pelatihan Data

- Pengujian Data

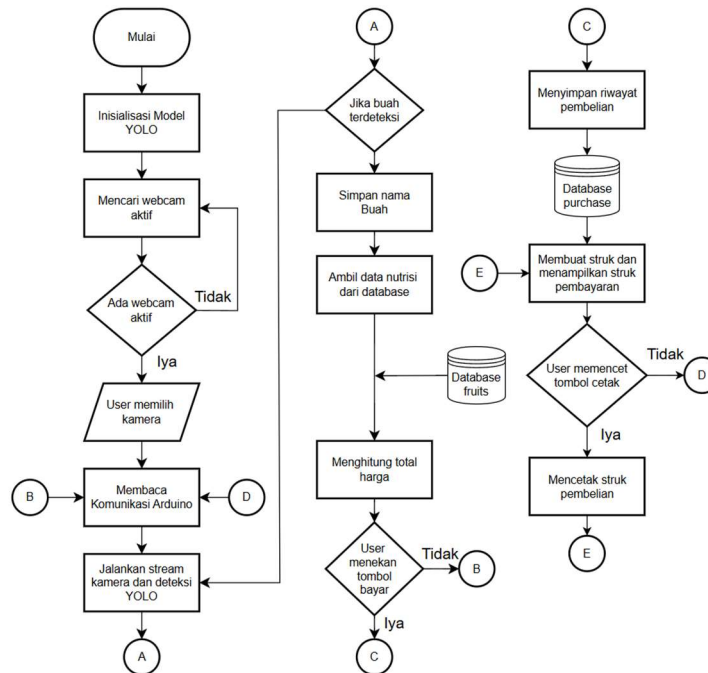
Proses terakhir dari pengolahan citra yaitu pengujian data, proses ini dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat model YOLO yang dihasilkan sebelum digunakan pada sistem timbangan buah ini. Model YOLO diuji dengan data uji yang belum pernah dilihat oleh model selama proses pelatihan. Tujuannya untuk menilai seberapa baik model mendeteksi dan mengklasifikasi objek buah berdasarkan gambar yang baru. Akurasi model yang baik menunjukkan bahwa model mampu mengenali objek dengan akurat dan dapat digunakan pada sistem secara langsung dengan hasil yang bagus.

3. Website

Tahap berikutnya membuat *website* yang nantinya digunakan untuk *User Interface* (UI) dari alat timbangan buah ini. Pada pembuatannya peneliti menggunakan library Flask dari Python, yaitu merupakan *framework* web yang ringan dan sederhana berbasis Python (Ibrahim, 2024). *Flask* dapat memungkinkan sebagai web server, sehingga UI dapat tertampil di web walaupun hanya di *localhost*. Dengan menggunakan *Flask*, sistem dapat menampilkan hasil klasifikasi dan berat buah secara *real time* melalui tampilan web yang interaktif dan mudah digunakan. Selain menggunakan *Flask* sebagai *frontend*, peneliti juga mengkombinasikannya dengan HTML, CSS, JavaScript sebagai *backend* sehingga



tampilan antarmuka lebih dinamis dan interaktif. HTML digunakan untuk membangun struktur halaman, CSS untuk mengatur desain dan tata letak, serta JavaScript untuk membuat interaksi langsung seperti pembaruan data secara *real time* tanpa perlu memuat ulang halaman.



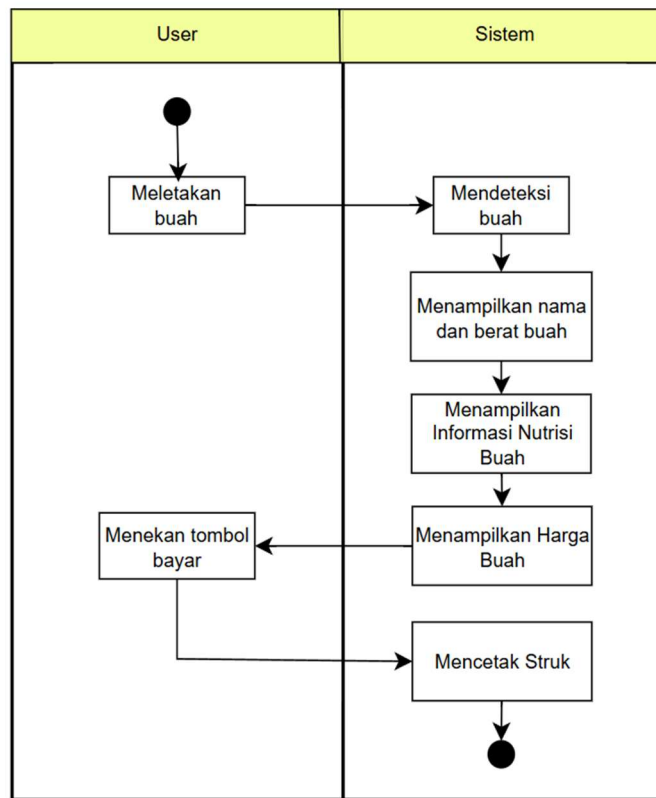
Gambar 9. Diagram Alir Situs Web

Perancangan *website* merupakan tahap penting dalam pembuatan antarmuka pengguna, yang berfungsi sebagai media interaktif bagi konsumen untuk melakukan pembelian buah secara mandiri. *Website* ini dirancang agar mudah digunakan dan mampu menampilkan informasi secara langsung. Berdasarkan Gambar 9 sistem dimulai dengan menginisialisasi model deteksi objek YOLO, kemudian sistem mencari port kamera yang dapat digunakan. Sistem berjalan dengan membaca data berat dari Arduino melalui komunikasi dengan Arduino, serta menangkap citra dari kamera dan melakukan deteksi objek YOLO. Jika buah berhasil dideteksi, sistem menampilkan label nama buah dan menghubungkannya dengan data nutrisi dari database *fruits*. Berat buah yang terbaca dikonversi ke satuan kilogram. Ketika pengguna menekan tombol Bayar, sistem menghitung total harga berdasarkan berat buah dan harga per 100 gram yang tersimpan pada database *fruits*. Struk pembayaran akan tercetak dan otomatis tersimpan ke database *purchase*. Setelah transaksi selesai, sistem akan kembali ke keadaan semula dan siap digunakan kembali tanpa perlu memulai ulang aplikasi.

Alur aktivitas pengguna dalam menggunakan antarmuka web ini digambarkan dalam *activity* diagram yang ditunjukkan pada Gambar 10. Penjelasan *activity* diagram dari



sistem antarmuka web yang digunakan dalam alat penimbang buah otomatis. Dimulai dari pengguna meletakkan buah pada alat, lalu sistem akan memproses untuk mendeteksi buah. Setelah jenis buah berhasil dikenali, sistem akan menampilkan informasi seperti nama buah, berat buah, estimasi kandungan nutrisi, serta harga yang dihitung berdasarkan berat tersebut. Pengguna kemudian dapat menekan tombol bayar untuk menyelesaikan pembayaran. Setelah tombol ditekan, sistem secara otomatis mencetak struk yang berisi detail pembelian.



Gambar 10. *Activity Diagram*

Proses pengujian dilakukan setelah seluruh proses perancangan dan pembuatan perangkat lunak dan perangkat keras telah selesai dirakit. Tahap ini bertujuan untuk memastikan seluruh komponen sistem bekerja sesuai dengan fungsinya. Pengujian meliputi beberapa aspek utama, yaitu kemampuan dalam klasifikasi jenis buah, ketepatan pembacaan berat, serta kemampuan antarmuka dalam menampilkan data secara *real time*. Buah-buahan yang digunakan sebagai sampel adalah apel, mangga, pir, dan pisang sesuai dengan data *training* yang digunakan sebelumnya dalam model YOLOv8.



Selain pengujian klasifikasi, dilakukan pula validasi pembacaan berat dengan membandingkan hasil dari alat timbangan buah cerdas ini dengan alat timbangan digital konvensional sebagai acuan. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, maka dilakukan proses perbaikan dan kalibrasi baik pada sisi perangkat keras seperti sensor load cell dan modul HX711, maupun pada perangkat lunaknya. Pengujian juga melibatkan pengamatan terhadap responsivitas antarmuka pengguna dan kestabilan sistem saat dijalankan dalam waktu yang lama. Setelah serangkaian pengujian dan perbaikan dilakukan, sistem dinyatakan berjalan dengan baik dan stabil. Dengan demikian, alat ini siap digunakan secara operasional dan dapat diimplementasikan dalam lingkungan masyarakat sebagai solusi cerdas dalam proses penimbangan dan identifikasi buah.

Tahap analisis data dilakukan bertujuan untuk mengolah dan menginterpretasi hasil pengujian yang telah dilakukan. Eksperimen dilakukan beberapa kali dengan variasi buah dan bobot buah yang berbeda. Pada pengujiannya peneliti menguji akurasi dari hasil klasifikasi dan selisih nilai berat pada timbangan dengan timbangan digital konvensional sebagai pembanding. Pengujian klasifikasi dilakukan dengan 50 kali percobaan pada masing-masing variasi buah dengan 4 parameter, yaitu :

- *True Positive* (TP) : Buah terdaftar dalam model YOLOv8 dan berhasil dikenali oleh sistem.
- *True Negative* (TN) : Buah tidak terdaftar dalam model YOLOv8 dan memang tidak dikenali oleh sistem.
- *False Positive* (FP) : Buah tidak terdaftar dalam model YOLOv8, tetapi sistem mengenalinya sebagai buah yang terdaftar.
- *False Negative* (FN) : Buah terdaftar dalam model YOLOv8, tetapi gagal dikenali oleh sistem.

Berdasarkan nilai TP, TN, FP, dan FN maka evaluasi dapat dihitung dengan rumus persamaan sebagai berikut:

- *Accuracy* (Akurasi): Menunjukkan rasio prediksi yang benar terhadap seluruh prediksi yang dilakukan.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (1)$$

- *Precision* (Presisi): Menunjukkan seberapa tepat sistem dalam mengklasifikasi buah yang terdaftar dari seluruh prediksi terdaftar.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (2)$$

- *Sensitivity* (Recall): Menunjukkan seberapa baik sistem dalam mendeteksi buah yang memang terdaftar.

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (3)$$



- *Specifity*: Menunjukkan seberapa baik sistem dalam mendeteksi buah yang tidak terdaftar.

$$Specifity = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% \quad (4)$$

Untuk melakukan pengujian berat, analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan alat dengan timbangan digital konvensional. Nilai selisih diukur kemudian dihitung persentase *error* dengan persamaan :

$$Persentase\ Error = \frac{Berat\ Timbangan\ pada\ Alat - Berat\ Timbangan\ pada\ Digital}{Berat\ Timbangan\ pada\ Digital} \times 100\% \quad (5)$$

Untuk persentase keberhasilannya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Persentase\ Keberhasilan = 100\% - persentase\ error \quad (6)$$

Untuk melakukan perbandingan hitung nilai jual, analisis dilakukan dengan membandingkan harga buah yang sudah ditetapkan per 100 gram. Kemudian, berat buah pada alat dan timbangan digital dihitung supaya diketahui harga nilai jualnya Harga ditentukan menggunakan rumus persamaan berikut :

$$Harga\ Total = \frac{Berat\ (gram)}{100} \times Harga\ per\ 100g \quad (7)$$

Setelah nilai jual dari setiap percobaan dihitung maka dilakukan analisis untuk mengetahui rata-rata selisih harga jual dan persentase selisih harga jual menggunakan rumus :

$$Rata-rata\ Selisih\ Harga = \frac{Total\ Selisih\ Harga}{jumlah\ seluruh\ percobaan} \quad (8)$$

$$Persentase\ Selisih = \frac{Total\ Selisih\ Harga}{Total\ Harga\ pada\ Timbangan\ Digital} \times 100\% \quad (9)$$

Untuk melakukan analisis pada pengujian estimasi nutrisi buah, perhitungan dilakukan dengan menghitung nilai nutrisi berdasarkan berat buah pada alat dan timbangan digital. Berikut rumus persamaan yang digunakan :

$$Harga\ Nutrisi = \frac{Berat\ (gram)}{100} \times Kandungan\ Nutrisi\ per\ 100g \quad (10)$$

Tahap pembuatan laporan merupakan tahapan akhir dari proses penelitian ini. Pada tahap ini, seluruh kegiatan yang telah dilakukan mulai dari perancangan alat, proses pembuatan, hingga pengujian alat disusun secara sistematis dan runtut ke dalam bentuk laporan ilmiah. Semua data dan hasil yang diperoleh selama proses penelitian dianalisis untuk kemudian dijadikan dasar dalam menyusun kesimpulan. Laporan ini disusun sebagai bentuk dokumentasi atas proses pengembangan alat penimbang buah otomatis, serta sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Elektro. Selain berisi uraian tentang tahapan penelitian, laporan ini juga memuat hasil analisis serta pembahasan mengenai kinerja alat yang telah dibuat. Pada bagian akhir, disampaikan pula kesimpulan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut di masa yang akan datang.



HASIL

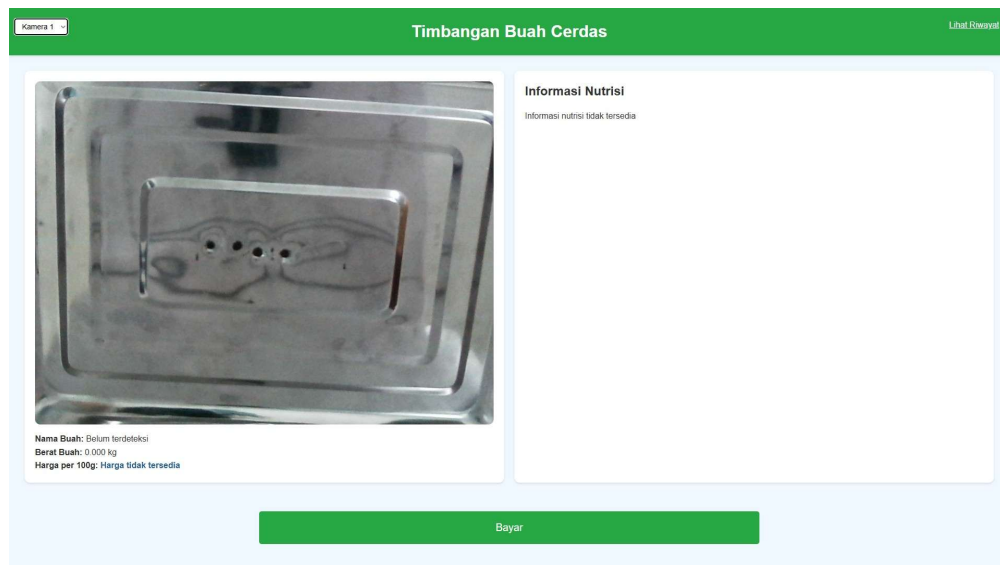
Pengujian dilakukan dengan keseluruhan sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, dengan tujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem yang dirancang berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Proses pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari alat yang telah dibuat dengan hasil dari timbangan digital konvensional bermerek Digipounds Taffware B05 5 Kg. Pengujian dilakukan beberapa kali percobaan dengan variasi jenis buah dan bobot yang berbeda, buah yang diuji mencakup apel, mangga, jeruk, pisang, dan pir. Terdapat juga buah seperti salak dan kiwi sebagai bahan pengujian tambahan untuk menguji kemampuan klasifikasi jenis buah di luar data pelatihan. Pada setiap pengujian, data yang diambil meliputi hasil klasifikasi jenis buah, nilai berat hasil pembacaan timbangan otomatis, serta nilai berat dari timbangan konvensional. Selisih dari kedua hasil kemudian dihitung untuk dianalisis lebih lanjut dalam menentukan akurasi sistem, tingkat kesalahan (*error*), dan keberhasilan sistem secara keseluruhan.

Gambar 11 memperlihatkan perangkat keras dari penelitian ini yang sudah dirakit. Struktur alat ini menggunakan material utama berupa papan triplek berukuran 3 mm, yang dirancang untuk menampung seluruh komponen elektronik secara teratur. Perangkat keras ini mampu menjalankan seluruh sistem dengan optimal, Alat dapat membaca berat buah, mengidentifikasi jenis buah secara otomatis, menampilkan informasi nutrisi buah, menghitung total harga berdasarkan berat buah, dan juga menampilkan seluruh informasi pada antarmuka Web.



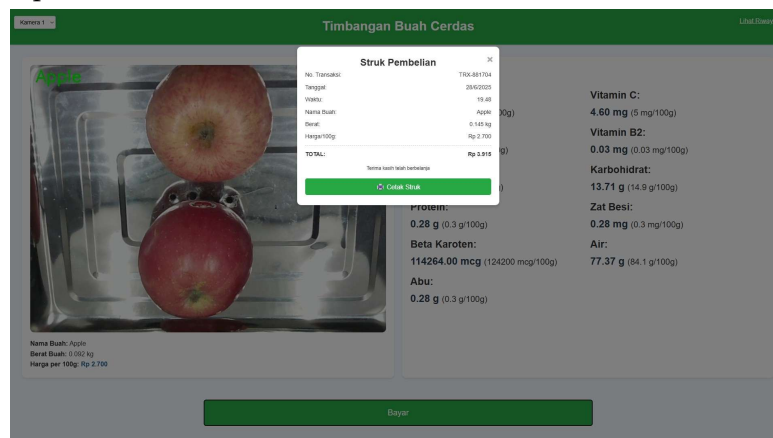
Gambar 11. Hasil Perangkat Keras





Gambar 12. Halaman Utama Antarmuka Web

Pada Gambar 12 ditampilkan halaman utama dari antarmuka web yang diakses melalui monitor layar sentuh pada alat timbangan buah. Halaman ini menampilkan video real-time dari kamera webcam yang terpasang pada alat, yang berguna untuk mendeteksi jenis buah yang ditimbang. Di bagian kiri atas terdapat kotak untuk memilih kamera yang digunakan, sedangkan di kanan atas tersedia menu riwayat pembayaran. Informasi nama buah, berat, dan harga per 100 gram ditampilkan di bawah kotak video, sementara di sisi kanannya ditampilkan estimasi kandungan nutrisi dari buah yang terdeteksi. Di bagian bawah halaman, tersedia tombol Bayar yang digunakan untuk menyelesaikan transaksi dan mencetak struk pembelian secara otomatis.



Gambar 13. Pembayaran

Gambar 13 menampilkan struk pembelian yang dihasilkan secara otomatis ketika pengguna menekan tombol Bayar pada halaman antarmuka. Setelah tombol ditekan, sistem akan mencetak struk yang memuat informasi penting terkait transaksi pembelian.



Pada struk tersebut tercantum No. Transaksi, tanggal dan waktu transaksi, nama buah yang ditimbang, berat buah, harga per 100 gram, serta total harga yang harus dibayar. Struk ini berfungsi sebagai bukti pembayaran dan mempermudah pengguna dalam mencatat pembelian yang telah dilakukan.

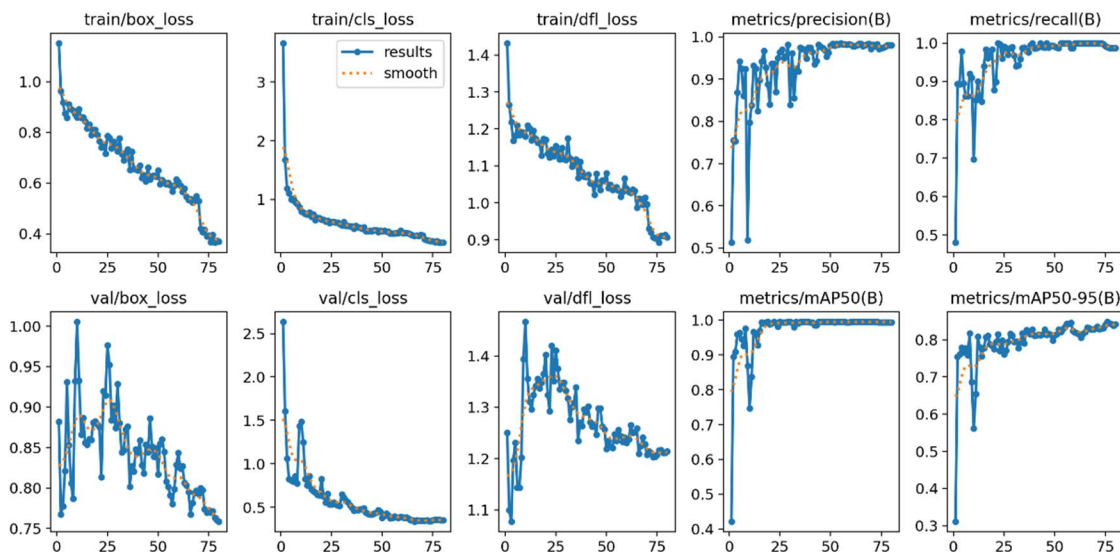
Gambar 14 menunjukkan tampilan menu Riwayat Pembelian Buah yang hanya dapat diakses oleh admin. Seluruh transaksi yang telah dilakukan pengguna akan secara otomatis tersimpan dan ditampilkan pada menu ini. Melalui fitur ini, admin dapat memantau dan merekap data pembelian yang mencakup informasi seperti tanggal, waktu, nama buah, berat, harga, dan total pembayaran. Menu ini berfungsi sebagai pusat dokumentasi transaksi dan memudahkan admin dalam melakukan pengecekan atau analisis riwayat pembelian yang telah dilakukan melalui alat timbangan buah otomatis.

Riwayat Pembelian Buah

No. Transaksi	Nama Buah	Tanggal	Jam	Berat (kg)	Harga/100g	Total (Rp)
TRX-20250702021607	Apple	2025-07-02	02:16:07	0.302	2700	8,154
TRX-202507012359	Banana	2025-07-01	23:59	0.567	600	3,400
TRX-202507012359	Banana	2025-07-01	23:59	0.567	600	3,400

[← Kembali](#)
[Hapus Semua Riwayat](#)

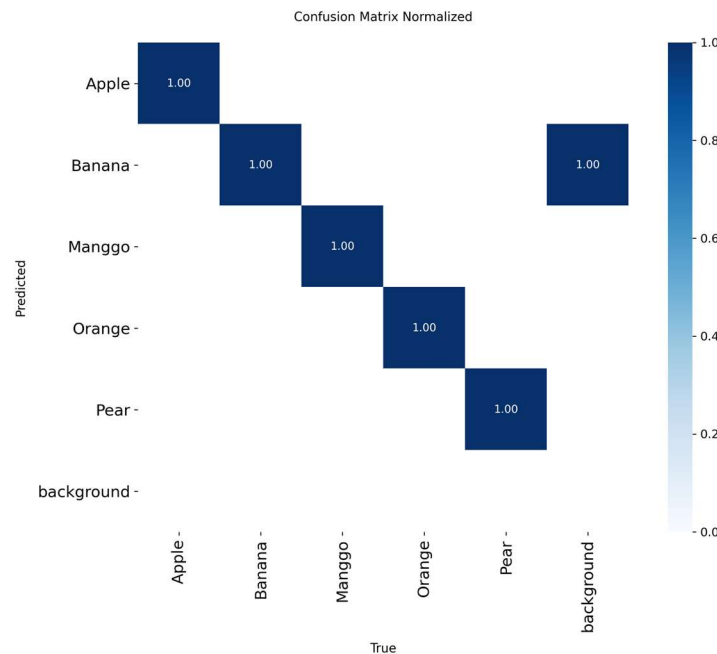
Gambar 14. Menu Riwayat Pembelian



Gambar 15. Grafik hasil pelatihan model



Gambar 15 menunjukkan grafik hasil pelatihan model YOLOv8 selama 80 epoch yang divisualisasikan. Grafik ini memberikan gambaran mengenai performa model dalam mengenali dan mengklasifikasikan objek buah. Pada bagian atas grafik terlihat penurunan yang konsisten pada nilai *box loss*, *classification loss*, dan *distribution focal loss* saat pelatihan, yang menunjukkan bahwa model semakin akurat dalam mengenali posisi dan jenis objek. Nilai *precision* dan *recall* yang mendekati angka 1 mengindikasikan bahwa model mampu mengenali objek dengan tingkat ketepatan dan kelengkapan yang tinggi. Sementara itu, grafik di bagian bawah yang merepresentasikan data validasi juga memperlihatkan tren penurunan pada nilai-nilai loss, yang menandakan bahwa model mampu bekerja secara konsisten pada data di luar data latih. Nilai mAP50 dan mAP50-95 yang tinggi mencerminkan bahwa tingkat akurasi deteksi objek cukup baik dan stabil. Hal ini membuktikan bahwa proses pelatihan berjalan dengan efektif dan model mampu melakukan prediksi dengan baik.



Gambar 16. *Confusion Matrix Normalized* Hasil Pelatihan

Pada Gambar 16 menunjukkan hasil *Confusion Matrix Normalized* dari pelatihan model YOLOv8. Dari hasil tersebut bisa dilihat bahwa semua jenis buah yang diuji, seperti apel, pisang, mangga, jeruk, dan pir, berhasil dikenali dengan benar oleh sistem dengan akurasi 100%. Setiap prediksi tepat pada tempatnya, karena semua nilai ada di bagian diagonal dan tidak ada yang tertukar. Ini menandakan bahwa model sudah mampu membedakan tiap buah dengan sangat akurat. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pelabelan data dan pelatihannya sudah berjalan dengan baik sehingga model bisa bekerja secara maksimal.





Gambar 17. Hasil Pelatihan

Gambar 17 merupakan hasil pelatihan (*train batch*) dari model YOLOv8 saat mendeteksi berbagai jenis buah pada proses *training*. Terlihat bahwa model berhasil mengenali objek seperti *banana*, *manggo*, *pear*, *orange*, dan *apple* dengan tingkat akurasi yang tinggi, rata-rata di angka 0.9, bahkan ada yang mencapai 1.0. Setiap buah ditandai dengan *bounding box* berwarna sesuai dengan label masing-masing. Ini menunjukkan bahwa model sudah cukup akurat dalam mengenali dan mengklasifikasikan gambar selama tahap pelatihan. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa data pelatihan yang digunakan sudah cukup baik dan proses pelabelannya dilakukan dengan baik

PEMBAHASAN

Table 1. Hasil Pengujian Deteksi Buah

No	Nama Buah	TP	TN	FP	FN
1	Pir	50	-	-	-
2	Apel	50	-	-	-
3	Mangga	50	-	-	-
4	Jeruk	42	-	-	8
5	Pisang	50	-	-	-
6	Salak	-	50	-	-
7	Kiwi	-	19	31	-
	Total	242	69	31	8

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik sistem deteksi buah berbasis model YOLOv8 yang sudah dilatih sebelumnya. Pengujian bertujuan untuk mengetahui keakuratan model dalam mengenali dan mengklasifikasi buah yang diletakkan di atas timbangan. Sistem diuji menggunakan beberapa jenis buah yang sudah dilatih seperti apel, pisang, jeruk, mangga, dan pir. Selain, itu terdapat buah yang tidak terdaftar pada model seperti kiwi dan salak untuk menguji kemampuan sistem dalam menghindari klasifikasi buah yang salah. Hasil deteksi buah kemudian dibandingkan dengan label



sebenarnya, dan ditentukan jumlah *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN).

Berdasarkan Tabel 1 maka dapat ditentukan nilai dari *Accuracy*, *Precision*, *Sensitivity*, dan *Specificity* dari pengujian deteksi buah ini menggunakan rumus persamaan yaitu :

- *Accuracy*, mengukur keseluruhan prediksi yang benar menggunakan rumus (1).

$$Accuracy = \frac{(242 + 69)}{(242 + 69 + 31 + 8)} \times 100\%$$

$$Accuracy = 88,86\%$$

- *Precision*, mengukur seberapa banyak hasil deteksi positif yang benar dari semua hasil yang terdeteksi sebagai positif menggunakan rumus (2).

$$Precision = \frac{242}{242+31} \times 100\%$$

$$Precision = 88,64\%$$

- *Sensitivity*, mengukur seberapa baik sistem mendeteksi buah yang dikenali menggunakan rumus (3).

$$Sensitivity = \frac{242}{242+8} \times 100\%$$

$$Sensitivity = 96,8\%$$

- *Specificity*, mengukur seberapa baik sistem mengenali buah yang tidak dikenal menggunakan rumus (4).

$$Specificity = \frac{69}{69+31} \times 100\%$$

$$Specificity = 69\%$$

Setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil bahwa sistem dapat mendeteksi buah dengan baik dengan *accuracy* 88,89% dan *sensitivity* 96,8%. Artinya sistem sangat baik dalam mengenali buah-buahan yang telah dilatih. Nilai *precision* yang tinggi sebesar 88,64% menunjukkan bahwa sistem jarang salah dalam mengklasifikasikan jenis buah. Terdapat beberapa kondisi yang dapat menyebabkan penurunan akurasi dalam proses klasifikasi buah. Salah satunya adalah pencahayaan yang tidak merata atau intensitas cahaya yang rendah di sekitar area kamera, yang dapat mempengaruhi hasil pengambilan citra dan menyebabkan model kesulitan mengenali fitur buah secara akurat. Selain itu, bentuk buah yang tidak lazim, seperti buah yang sudah terpotong, terlalu kecil, atau memiliki kematangan berbeda, dapat menyebabkan kesalahan dalam klasifikasi. Risiko error juga meningkat apabila terdapat gangguan selama proses deteksi, seperti pergerakan objek lain di sekitar kamera, goyangan alat, atau lebih dari satu buah muncul dalam frame secara bersamaan. Situasi-situasi ini dapat memicu false detection atau menurunkan keandalan sistem dalam lingkungan nyata. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan preprocessing pencahayaan, augmentasi data bentuk buah ekstrem, serta peningkatan algoritma deteksi untuk mengurangi potensi kesalahan. Namun, tingkat *specificity* yang masih 69% menandakan



sistem perlu ditingkatkan dalam mengenali buah yang tidak termasuk dalam data pelatihan, karena masih terdapat sejumlah *false positive*, seperti buah kiwi yang terdeteksi sebagai buah mangga. Terjadinya *false positive* yang banyak pada buah kiwi disebabkan buah kiwi yang mempunyai warna serta bentuk yang sama dengan buah mangga. Mulai dari warna buah kiwi yang hijau dan bentuk buah kiwi yang lonjong sehingga menyerupai buah mangga membuat sistem sulit mengenali atau membedakan kedua jenis buah tersebut. Untuk mengurangi hal tersebut terjadi dapat dilakukan pelatihan data kembali dengan lebih banyak gambar buah mangga, dapat juga menggunakan data buah kiwi sehingga sistem dapat mengenali jenis buah kiwi tanpa harus salah mendeteksi. Pengaruh peletakan buah juga berpengaruh untuk sistem dalam mengenali jenis buah serta pencahayaan juga sangat berpengaruh oleh karena itu diperlukan LED pada alat untuk menerangi buah yang akan dideteksi oleh alat.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengukuran Berat Buah

Nama Buah	Percobaan ke-	Hasil Pengukuran Pada Alat (gram)	Hasil Pengukuran Timbangan Digital (gram)	Selisih	Persentase Error	Persentase Keberhasilan
Pir	1	267	268	1	0.37%	99.63%
	2	268	270	2	0.74%	99.26%
	3	535	537	2	0.37%	99.63%
	4	635	643	8	1.24%	98.76%
	5	716	729	13	1.78%	98.22%
Apel	1	201	195	6	3.08%	96.22%
	2	272	270	2	0.74%	99.26%
	3	392	390	2	0.51%	99.49%
	4	406	383	23	6.01%	93.00%
	5	229	206	23	11.17%	88.83%
Mangga	1	439	420	19	4.52%	95.48%
	2	540	543	3	0.55%	95.48%
	3	639	633	6	0.95%	99.05%
	4	644	649	5	0.77%	99.23%
	5	489	492	3	0.61%	99.39%
Jeruk	1	109	111	2	1.80%	98.20%
	2	114	115	1	0.87%	99.13%
	3	223	226	3	1.33%	98.67%
	4	273	276	3	1.09%	98.91%
	5	373	377	4	1.06%	98.94%



	1	65	66	1	1.52%	98.48%
	2	72	80	8	10%	90%
Pisang	3	86	88	2	2.27%	97.73%
	4	209	212	3	1.42%	98.58%
	5	144	146	2	1.37%	98.63%
	Total			147	56.14%	2443.86%

Pengujian berat buah dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan berat dari alat dengan hasil pembacaan dari timbangan digital konvensional. Pengukuran dilakukan terhadap lima jenis buah yang telah diuji sebelumnya pir, apel, mangga, jeruk, dan pisang. Masing-masing buah diukur sebanyak lima kali, dan hasilnya dibandingkan dengan pengukuran dari timbangan digital konvensional untuk mengetahui selisih pengukuran. Selanjutnya hasil tersebut dihitung persentase *error* dari masing-masing percobaan dan persentase keberhasilan menggunakan rumus (5) dan (6). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa akurat sistem dalam mengukur berat buah. Selanjutnya, dicari rata-rata selisih, rata-rata persentase *error* dan rata-rata persentase keberhasilan dengan menggunakan rumus persamaan:

- Rata-rata Selisih :

$$\text{Rata-rata Selisih} = \frac{\text{Total Selisih}}{\text{Banyak Data Percobaan}}$$

$$\text{Rata-rata Selisih} = \frac{147}{25}$$

$$\text{Rata-rata Selisih} = 5.88 \text{ gram}$$

- Rata-rata Persentase *Error* :

$$\text{Rata-rata Persentase Error} = \frac{\text{Total Persentase Error}}{\text{Banyak Data Percobaan}}$$

$$\text{Rata-rata Persentase Error} = \frac{56.14}{25}$$

$$\text{Rata-rata Persentase Error} = 2.25\%$$

- Rata-rata Persentase Keberhasilan:

$$\text{Rata-rata Persentase Keberhasilan} = \frac{\text{Total Persentase Keberhasilan}}{\text{Banyak Data Percobaan}}$$

$$\text{Rata-rata Persentase Keberhasilan} = \frac{2443.86}{25}$$

$$\text{Rata-rata Persentase Keberhasilan} = 97.75\%$$

Berdasarkan hasil pengujian timbangan berat buah, alat memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mengukur berat buah, dengan rata-rata selisih antara berat buah pada alat dan berat buah pada timbangan digital sebesar 5.88 gram. Rata-rata persentase *error* yang didapatkan adalah sebesar 2.25% yang menunjukkan bahwa selisih nilai yang terbaca relatif kecil dari nilai sebenarnya. Selain itu, sistem menunjukkan rata-rata tingkat keberhasilan sebesar 97.75% yang menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan hasil



pengukuran yang mendekati timbangan digital. Secara keseluruhan, alat menunjukkan performa yang baik dengan rata-rata *error* yang kecil.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Hitung Nilai Jual

Nama Buah	Percobaan ke-	Harga Alat (Rp)	Harga Timbangan (Rp)	Selisih Harga (Rp)
Pir	1	Rp 7,209	Rp 7,236	-27
	2	Rp 7,236	Rp 7,290	-54
	3	Rp 14,445	Rp 14,499	-54
	4	Rp 17,145	Rp 17,361	-216
	5	Rp 19,332	Rp 19,683	-351
Apel	1	Rp 5,427	Rp 5,265	+162
	2	Rp 7,344	Rp 7,290	+54
	3	Rp 10,584	Rp 10,530	+54
	4	Rp 10,962	Rp 10,341	+621
	5	Rp 6,183	Rp 5,562	+621
Mangga	1	Rp 17,999	Rp 17,220	+779
	2	Rp 22,140	Rp 22,263	-123
	3	Rp 26,199	Rp 25,953	+246
	4	Rp 26,404	Rp 26,609	-205
	5	Rp 20,049	Rp 20,172	-123
Jeruk	1	Rp 2,725	Rp 2,775	-50
	2	Rp 2,850	Rp 2,875	-25
	3	Rp 5,57	Rp 5,650	-75
	4	Rp 6,825	Rp 6,900	-75
	5	Rp 9,325	Rp 9,425	-100
Pisang	1	Rp 1,495	Rp 1,518	-23
	2	Rp 1,656	Rp 1,840	-184
	3	Rp 1,978	Rp 2,024	-46
	4	Rp 4,807	Rp 4,876	-69
	5	Rp 3,312	Rp 3,358	-46
Total		Rp 275,262	Rp 275,971	709

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik sistem dapat menghitung total harga berdasarkan berat buah yang terdeteksi. Dalam Pengujian, hasil berat sistem dibandingkan dengan harga yang dihitung berdasarkan berat aktual dari timbangan



digital konvensional. Setiap buah memiliki harga jual per 100 gram sebagai acuan, yaitu: apel Rp2.700, pir Rp2.700, mangga Rp4.100, pisang Rp2.300, dan jeruk Rp2.500. Rumus perhitungan nilai tiap buah adalah :

$$\text{Harga Total} = \frac{\text{Berat (gram)}}{100} \times \text{Harga per 100g}$$

Kemudian dicari selisih nilai jual rata-ratanya, sehingga didapat nilai sebesar Rp28,36 per buah, hal ini dapat diartikan sistem tergolong cukup presisi dalam memberikan estimasi berbasis berat buah yang terdeteksi. Persentase selisih nilai jual antara alat dan timbangan digital hanya sekitar 0,257% yang dapat dibilang sangat kecil dan menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi tinggi dalam estimasi harga jual buah berdasarkan berat.

Tabel 4. *Database* kandungan nutrisi buah

Nutrisi	Apel	Pisang	Mangga	Jeruk	Pir
Kalori (kcal)	58	108	52	49	57
Vitamin C (mg)	5	9	12	55	4,2
Vitamin B1 (mg)	0,04	0,05	0,03	0,08	0,012
Vitamin B2 (mg)	0,03	0,11	0,01	0,03	0,026
Vitamin B3 (mg)	0,1	0,1	0,3	0,2	0,16
Karbohidrat (g)	14,9	-	12,3	12,2	15,2
Protein (g)	0,3	1	0,7	0,9	0,36
Tembaga (mcg)	-	-	140	40	119
Zat Besi (mg)	0,3	0,2	1	0,2	0,18
Kalium (mg)	-	-	316	166	12
Beta Karoten (mcg)	124200	200	300	80	82
Air (g)	84,1	72,0	86,6	85,7	83,7
Abu (g)	0,3	1,0	0,2	0,3	0,33

Pengujian estimasi nutrisi dilakukan untuk mengetahui seberapa baik sistem mampu menampilkan informasi kandungan gizi pada buah secara otomatis berdasarkan hasil klasifikasi jenis buah yang telah dikenali oleh model YOLOv8 dan berat buah yang ditimbang pada alat. Setelah buah berhasil dideteksi dan diklasifikasikan, sistem akan secara otomatis mengambil data nutrisi dari *database* (fruits.db) dan menghitung estimasi kandungan nutrisi berdasarkan berat buah yang terdeteksi. Estimasi dilakukan dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$\text{Nilai Nutrisi} = \frac{\text{Berat Buah}}{100} \times \text{Kandungan Nutrisi per 100g}$$

Pada Tabel 4 merupakan data kandungan nutrisi dari buah apel, pisang, mangga, jeruk, pir per 100 gram. Data tersebut mencakup berbagai parameter seperti kalori, vitamin, karbohidrat, protein, hingga kandungan mineral seperti zat besi dan kalium. Informasi



ini diperoleh dari *United States Department of Agriculture (USDA)* yang merupakan sumber terpercaya dan sering dijadikan acuan dalam penelitian terkait gizi dan pangan. Kandungan nutrisi tersebut nantinya digunakan sebagai dasar perhitungan estimasi nutrisi dalam sistem timbangan buah otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Nutrisi Apel

Nutrisi	Percobaan Buah Apel 1		Percobaan Buah Apel 2	
	Pada Alat (272 g)	Timbangan Digital (270 g)	Pada Alat (201 g)	Timbangan Digital (195 g)
Kalori (kcal)	157,76	156,6	116,58	113,1
Vitamin C (mg)	13,6	13,5	10,05	9,75
Vitamin B1 (mg)	0,1088	0,108	0,08	0,08
Vitamin B2 (mg)	0,0816	0,081	0,06	0,06
Vitamin B3 (mg)	0,272	0,27	0,2	0,2
Karbohidrat (g)	40,53	40,23	29,95	29,05
Protein (g)	0,82	0,81	0,6	0,58
Tembaga (mcg)	-	-	-	-
Zat Besi (mg)	0,816	0,81	0,6	0,58
Kalium (mg)	-	-	-	-
Beta Karoten (mcg)	33742,4	33540	249642	242190
Air (g)	228,75	226,8	169,04	164
Abu (g)	0,816	0,81	0,6	0,58

Tabel 6. Hasil Pengujian Nutrisi Pir

Nutrisi	Percobaan Buah Pir 1		Percobaan Buah Pir 2	
	Pada Alat (268 g)	Timbangan Digital (270 g)	Pada Alat (267 g)	Timbangan Digital (268 g)
Kalori (kcal)	152,76	153,9	152,19	152,76
Vitamin C (mg)	11,26	11,34	11,21	11,26
Vitamin B1 (mg)	0,03	0,03	0,03	0,03
Vitamin B2 (mg)	0,07	0,07	0,07	0,07
Vitamin B3 (mg)	0,43	0,43	0,43	0,43
Karbohidrat (g)	40,74	41,04	40,58	40,74
Protein (g)	0,96	0,97	0,96	0,96
Tembaga (mcg)	318,92	321,3	317,73	318,92
Zat Besi (mg)	0,48	0,49	0,48	0,48
Kalium (mg)	32,16	32,4	32,04	32,16



Beta Karoten (mcg)	219,76	221,4	218,94	219,76
Air (g)	224,32	225,99	223,48	224,32
Abu (g)	0,88	0,89	0,88	0,88

Tabel 7. Hasil Pengujian Nutrisi Mangga

Nutrisi	Percobaan Buah Mangga 1		Percobaan Buah Mangga 2	
	Pada Alat (540 g)	Timbangan Digital (543 g)	Pada Alat (439 g)	Timbangan Digital (420 g)
Kalori (kcal)	280,8	282,36	228,28	218,4
Vitamin C (mg)	64,8	65,16	52,68	50,4
Vitamin B1 (mg)	0,16	0,16	0,13	0,13
Vitamin B2 (mg)	0,05	0,05	0,04	0,04
Vitamin B3 (mg)	1,62	1,63	1,32	1,26
Karbohidrat (g)	66,42	66,79	54	51,66
Protein (g)	3,78	3,8	3,07	2,94
Tembaga (mcg)	756	760,2	614,6	588
Zat Besi (mg)	5,4	5,43	4,39	4,2
Kalium (mg)	1706,4	1715,88	1387,24	1327,2
Beta Karoten (mcg)	1620	1629	1317	1260
Air (g)	467,64	470,24	380,17	363,72
Abu (g)	1,08	1,09	0,88	0,84

Tabel 8. Hasil Pengujian Nutrisi Jeruk

Nutrisi	Percobaan Buah Jeruk 1		Percobaan Buah Jeruk 2	
	Pada Alat (114 g)	Timbangan Digital (115 g)	Pada Alat (109 g)	Timbangan Digital (111 g)
Kalori (kcal)	55,86	56,35	53,41	54,39
Vitamin C (mg)	62,7	63,25	59,95	61,05
Vitamin B1 (mg)	0,09	0,09	0,09	0,09
Vitamin B2 (mg)	0,03	0,03	0,03	0,03
Vitamin B3 (mg)	0,23	0,23	0,22	0,22
Karbohidrat (g)	13,91	14,03	13,3	13,54
Protein (g)	1,03	1,03	0,98	1
Tembaga (mcg)	45,6	46	43,6	44,4
Zat Besi (mg)	0,23	0,23	0,22	0,22
Kalium (mg)	189,24	190,9	180,94	184,26



Beta Karoten (mcg)	91,2	92	87,2	88,8
Air (g)	97,7	98,56	93,41	95,13
Abu (g)	0,34	0,34	0,33	0,33

Tabel 9. Hasil Pengujian Nutrisi Pisang

Nutrisi	Percobaan Buah Pisang 1		Percobaan Buah Pisang 2	
	Pada Alat (72 g)	Timbangan Digital (80 g)	Pada Alat (65 g)	Timbangan Digital (66 g)
Kalori (kcal)	77,76	86,4	70,2	71,28
Vitamin C (mg)	6,48	7,2	5,85	5,94
Vitamin B1 (mg)	0,04	0,04	0,03	0,03
Vitamin B2 (mg)	0,08	0,09	0,07	0,07
Vitamin B3 (mg)	0,07	0,08	0,07	0,07
Karbohidrat (g)	-	-	-	-
Protein (g)	0,72	0,8	0,65	0,66
Tembaga (mcg)	-	-	-	-
Zat Besi (mg)	0,14	0,16	0,13	0,13
Kalium (mg)	-	-	-	-
Beta Karoten (mcg)	144	160	130	132
Air (g)	51,84	57,6	46,8	47,52
Abu (g)	0,72	0,8	0,65	0,66

Pengujian estimasi ini dilakukan dengan cara menghitung berat buah pada timbangan digital dan berat buah pada alat. Estimasi dilakukan dengan mengalikan kandungan nutrisi pada *database* fruits.db dengan berat buah hasil pengukuran menggunakan rumus persamaan (10). Berdasarkan hasil pengujian estimasi nutrisi dari lima jenis yaitu apel, pir, mangga, jeruk, pisang pada Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9. Sistem mampu menghasilkan estimasi kandungan nutrisi yang sangat mendekati nilai aslinya. Perbedaan nilai kandungan nutrisi sangat kecil dan konsisten dengan selisih berat. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran berat berpengaruh terhadap kandungan nilai gizi pada buah. Dengan akurasi berat sistem sebesar 98,75%, sistem ini dapat digunakan secara andal untuk memberikan informasi gizi buah secara otomatis.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan sebuah alat penimbang buah otomatis berbasis pengolahan citra dengan estimasi nutrisi. Sistem ini menggabungkan perangkat keras seperti *Raspberry Pi*, sensor Load Cell, kamera *webcam*, dan monitor layar



sentuh, yang semuanya bekerja terintegrasi melalui antarmuka web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu mengenali buah dengan tingkat akurasi yang baik dengan menggunakan model YOLOv8. Pengujian terhadap sistem deteksi buah menunjukkan *accuracy* sebesar 88,89%, dengan *sensitivity* 96,8%, *precision* 88,64%, dan *specificity* 69%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem sangat baik dalam mengenali buah-buahan yang telah dilatih, meskipun masih perlu perbaikan dalam membedakan buah yang tidak termasuk dalam data pelatihan agar dapat menekan *false positive*. Untuk pengujian berat buah, sistem menunjukkan persentase *error* sebesar 1,77%, dan tingkat keberhasilan sebesar 98,23%, yang berarti sistem cukup akurat dalam menimbang berat buah. Selain itu, dari pengujian perhitungan harga jual, sistem mencatat selisih rata-rata harga sebesar Rp28,36 dan persentase selisih sebesar 0,257% dibandingkan dengan harga berdasarkan timbangan digital, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan estimasi harga jual buah secara tepat. Pada pengujian estimasi kandungan nutrisi, sistem secara otomatis menghitung nilai gizi buah berdasarkan hasil klasifikasi jenis buah dan berat aktual yang ditimbang. Estimasi dilakukan dengan mengambil data nutrisi per 100 gram dari *database* dan menghitung total kandungan berdasarkan berat buah yang terbaca. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem tidak hanya bermanfaat untuk mendukung transaksi jual beli, tetapi juga mampu memberikan informasi nutrisi yang akurat sebagai sarana edukasi kepada pengguna.

Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat membantu masyarakat dalam mengetahui kandungan nutrisi buah yang mereka konsumsi serta memberikan pengalaman dalam berbelanja yang lebih praktis dan modern. Penelitian ini juga menjadi bukti bahwa teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan dapat diterapkan secara langsung dalam kehidupan sehari-hari, khususnya di bidang perdagangan dan kesehatan.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar mampu mengenali lebih banyak variasi jenis buah dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Selain itu, perlu dilakukan penyempurnaan dalam pembacaan berat agar hasilnya lebih presisi dan sebanding dengan timbangan digital konvensional. Pengembangan juga dapat mencakup penambahan fitur pembayaran digital untuk meningkatkan kemudahan transaksi, serta perbanyak informasi nutrisi agar dapat ditampilkan lebih lengkap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang, atas limpahan rahmat, karunia, serta kemudahan yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini, sehingga karya ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara moral maupun material, selama proses penyusunan penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih



yang tulus penulis sampaikan kepada kedua orang tua serta seluruh keluarga tercinta atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang tak ternilai, yang menjadi kekuatan bagi penulis hingga dapat sampai pada titik ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Bapak Mohammad Nasrul Mubin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, atas waktu, perhatian, serta bimbingan dan arahnya selama proses penelitian ini. Tak lupa, penulis juga berterima kasih kepada seluruh keluarga besar Pesantren Mahasiswa KH. Mas Mansyur yang telah memberikan semangat, bantuan, dan dukungan yang sangat berarti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. B. Afrianto, *Timbangan digital otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno*. Publikasi ilmiah, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2020.
- [2] M. Amirudin, *Implementasi sistem kontrol stopkontak elektronik cerdas menggunakan aktivasi suara dan integrasi pengenalan wajah*. Publikasi ilmiah, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2024.
- [3] C. Evita, R. Alfita, Haryanto, R. V. Nahari, M. Ulum, and M. Pramudia, "Rancang bangun timbangan buah digital menggunakan metode YOLO," *FORTECH: Forum Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 6, no. 2, 2022. [Online]. Available: <https://journal.fortei7.org/index.php/fortech/article/view/344304>
- [4] A. Ibrahim, *Sistem Penghitung Menggunakan YOLOv8 dan Flask (Studi Kasus di Laboratorium Informatika Universitas Muhammadiyah Surakarta)*, 2024. [Online]. Available: <https://eprints.ums.ac.id/126135/>
- [5] K. Kusmiyati, D. A. C. Rasmi, P. Sedijani, and Khairuddin, "Penyuluhan tentang pentingnya konsumsi buah untuk menjaga imunitas tubuh," *Jurnal Pendidikan MIPA Indonesia*, vol. 5, no. 4, 2022. doi: 10.29303/jpmp.5i4.2222
- [6] R. Mahdaliza and B. Sugandi, "Prediksi berat dan harga buah menggunakan sensor visual," *Jurnal Integrasi*, vol. 13, no. 1, pp. 10–14, 2021.
- [7] A. R. Mubarrok, Haryanto, and D. Rahmawati, *Rancang Bangun Timbangan Buah Anggur Digital Otomatis Berbasis Webcam Menggunakan Transformasi Hough*, 2020.
- [8] H. P. Rahman and J. Indra, "Penerapan Convolutional Neural pada Timbangan Pintar Menggunakan ESP32-CAM," 2023. [Online]. Available: <https://ejournal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib>



- [9] A. F. S. Rahman, M. W. Kasrani, and I. Muslimin, "Prototipe timbangan digital pada gudang sembako berbasis web," *JTE UNIBA*, vol. 6, no. 2, p. 222, 2022.
- [10] I. F. Raihan, *Rancang Bangun Timbangan Berat Badan Berbasis IoT*, 2023. [Online]. Available: <https://eprints.ums.ac.id/108154/>
- [11] U.S. Department of Agriculture, *FoodData Central*. [Online]. Available: <https://fdc.nal.usda.gov/>
- [12] A. Vijayakumar and S. Vairavasundaram, "YOLO-based object detection models: A review and its applications," 2024. doi: 10.1007/s11042-024-18872-y
- [13] S. Wahyunti and E. Setyani, "Pelaksanaan Timbangan dalam Jual Beli Ayam Potong di Tinjau dari Perspektif Ekonomi Islam (Studi Kasus di Pasar Raya Amahami Kota Bima)," 2021. doi: 10.52266/jesa.v4i1

