

RANCANG BANGUN SISTEM *AUTOMATIC ITEM COUNTER* PADA *CONVEYOR* BERBASIS *COMPUTER VISION*

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai salah satu syarat untuk kelulusan
Program Strata 1, Program Studi Teknik Informatika,
Universitas Pasundan Bandung
oleh:

Miftahul Huda
NRP: 223040145



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

Telah disetujui dan disahkan Laporan Tugas Akhir, dari:

Nama : Miftahul Huda
Nrp. : 22.304.0145

Dengan Judul:
“RANCANG BANGUN SISTEM *AUTOMATIC ITEM COUNTER* PADA *CONVEYOR*
BERBASIS *COMPUTER VISION*”

Bandung, 01 Oktober 2026

Menyetujui,
Pembimbing Utama

(Dr. Handoko Supeno, ST., MT.)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Tugas akhir ini merupakan benar-benar asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Pasundan maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Tugas akhir ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian dari saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari tim Dosen Pembimbing.
3. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah, serta disebutkan dalam daftar pustaka pada tugas akhir ini.
4. Kakas, perangkat lunak, dan alat bantu kerja lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepenuhnya tanggung jawab saya sendiri dan bukan tanggung jawab Universitas Pasundan.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan tugas akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi akademik, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Pasundan, serta perundang-undangan lainnya.

Bandung, 01 Oktober 2026

Yang membuat pernyataan,

Materai

(Miftahul Huda)
NPM 22.304.0145

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision serta prototype konveyor fisik dan Internet of Things (IoT). Proses deteksi objek menggunakan model YOLOv8 untuk mendeteksi dan menghitung botol pada konveyor secara otomatis, sedangkan perangkat keras menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem menyediakan beberapa sumber input kamera, yaitu ESP32-CAM, kamera smartphone, dan kamera laptop, serta dilengkapi antarmuka pengguna untuk memantau dan mengendalikan proses penghitungan. Dataset diperoleh melalui proses pengambilan citra yang dilanjutkan dengan pelabelan, pembagian data, dan augmentasi digital berupa manipulasi pencahayaan dan rotasi sebelum digunakan dalam proses pelatihan model.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan deteksi dan penghitungan objek secara real-time. Pada pengujian cahaya rendah, dari 89 objek aktual sistem berhasil menghitung 80 objek dengan Precision sebesar 100%, Recall 89,89%, Akurasi 89,89%, dan F1-Score 94,67%. Pada kondisi cahaya tinggi, sistem berhasil menghitung seluruh 80 objek dengan nilai Precision, Recall, Akurasi, dan F1-Score sebesar 100%. Sistem juga dapat diintegrasikan dengan prototype konveyor dan antarmuka pengguna untuk mendukung proses pemantauan serta pengendalian penghitungan objek secara otomatis. Penerapan sistem ini memberikan manfaat dalam membantu mengurangi ketergantungan pada proses penghitungan manual, meminimalkan risiko kesalahan perhitungan, serta mendukung proses pemantauan jumlah produk secara lebih terstruktur dan otomatis.

Kata Kunci: Konveyor, Internet of Things, Computer Vision, YOLOv8, ESP32-CAM, Penghitung Otomatis.

ABSTRACT

This research aims to design and develop an Automatic Item Counter system based on Computer Vision, along with a physical conveyor prototype and Internet of Things (IoT) integration. The object detection process uses the YOLOv8 model to automatically detect and count bottles on the conveyor, while the hardware uses an ESP32 microcontroller as the main control center. The system provides several camera input sources, including ESP32-CAM, smartphone cameras, and laptop cameras, and is equipped with a user interface for monitoring and controlling the counting process. The dataset was obtained through an image acquisition process followed by labeling, data splitting, and digital augmentation in the form of lighting manipulation and rotation before being used for model training.

The test results show that the system is capable of detecting and counting objects in real-time. Under low-light conditions, out of 89 actual objects, the system successfully counted 80 objects with a Precision of 100%, Recall of 89.89%, Accuracy of 89.89%, and F1-Score of 94.67%. Under high-light conditions, the system successfully counted all 80 objects with Precision, Recall, Accuracy, and F1-Score values of 100%. The system can also be integrated with the conveyor prototype and user interface to support the monitoring and control of the object counting process automatically. The implementation of this system provides benefits by reducing dependence on manual counting processes, minimizing the risk of counting errors, and supporting a more structured and automated monitoring process for the number of products.

Keywords: Conveyor, Internet of Things, Computer Vision, YOLOv8, ESP32-CAM, Automatic Counter..

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun Sistem *Automatic Item Counter* Pada *Conveyor* Berbasis *Computer Vision*" dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada jenjang Sarjana di Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pasundan. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan teknologi otomatisasi industri, khususnya dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi proses penghitungan jumlah produksi melalui pemanfaatan teknologi *Computer Vision*.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih atas segala bantuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini kepada:

1. Kedua Orang Tua tercinta, dan keluarga yang selalu memberikan motivasi serta doanya dalam pembuatan tugas akhir ini,
2. Pak Dr.Handoko Supeno, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing di Teknik Informatika Universitas Pasundan yang telah memberikan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir,
3. Pak Wanda Gusdya P., S.T., M.T. sebagai Koordinator Tugas Akhir di Teknik Informatika Universitas Pasundan,
4. Seluruh civitas Teknik Informatika di Universitas Pasundan yang telah memberikan bekal ilmu selama penulis menimba ilmu,
5. Noe, yang senantiasa memberikan dukungan moral, perhatian, kesabaran, serta selalu menjadi penyemangat terbaik bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
6. Teman-teman seperjuangan Universitas Pasundan, diantaranya Rizki, Kholish, Dicky, Ilman, Herdy, Ryan, Sena, Ica, Ika, dan Yesi

Bandung, 01 Oktober 2026

Miftahul Huda

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SIMBOL.....	ix
DAFTAR ISTILAH	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1-2
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	1-2
1.4 Lingkup Tugas Akhir.....	1-2
1.5 Metodologi Tugas Akhir.....	1-2
1.5.1. Tahap Awal	1-3
1.5.2. Metode Pengembangan	1-4
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir	1-5
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	2-1
2.1 Teori yang digunakan	2-1
2.1.1. Design Science Research.....	2-1
2.1.2. Computer Vision	2-5
2.1.3. Machine Learning	2-5
2.1.4. Deep Learning	2-5
2.1.5. Convolutional Neural Network	2-6
2.1.6. Metrik Evaluasi	2-10
2.1.7. Object Detection.....	2-13
2.1.8. YOLOv8.....	2-13
2.2 Penelitian Terdahulu	2-15
BAB 3 SKEMA PENELITIAN	3-1
3.1. Alur Penelitian	3-1
3.2. Peralatan Yang Digunakan	3-3
3.3. Perumusan Masalah	3-3
3.3.1. Analisis Sebab Akibat	3-3
3.3.2. Solusi Masalah	3-5
3.3.3. Analisis Teori	3-5
3.4. Graphical Abstract	3-7
3.5. Objek Penelitian	3-8

BAB 4 PERANCANGAN DAN PELATIHAN	4-1
4.1. Identifikasi Masalah.....	4-1
4.2. Penentuan Tujuan dan Solusi.....	4-1
4.3. Perancangan.....	4-2
4.1.1. Use Case Diagram.....	4-2
4.1.2. Flowchart.....	4-3
4.1.3. Rancangan Antarmuka Pengguna	4-5
4.1.3.1. Low Fidelity	4-6
4.1.3.2. High Fidelity	4-11
4.1.4. Rancangan IoT Conveyor.....	4-13
4.1.5. Rancangan Computer Vision.....	4-17
4.4. Pengumpulan Dataset	4-18
BAB 5 PEMBANGUNAN DAN EVALUASI.....	5-1
5.1. Pengembangan Artefak.....	5-1
5.1.1. Pembangunan Konveyor Pelatihan Data	5-1
5.1.1. Pelatihan Data.....	5-5
5.2. Demonstrasi dan Evaluasi Sistem.....	5-10
5.2.1. Pengujian Model Deteksi pada Data Test	5-11
5.2.2. Pengujian Perhitungan Inferensi	5-12
5.3. Perbandingan Evaluasi Penelitian Terdahulu	5-19
5.4. Kelebihan dan Kekurangan.....	5-20
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	6-1
6.1. Kesimpulan.....	6-1
6.2. Saran	6-1
DAFTAR PUSTAKA	xi
LAMPIRAN.....	xv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Metodologi Tugas Akhir	1-3
Gambar 2.1 Metodologi Design Science Research.....	2-2
Gambar 2.2 Convolutional Neural network	2-6
Gambar 2.3 Operasi Konvolusi.....	2-7
Gambar 2.4 Padding.....	2-7
Gambar 2.5 Pooling Layer	2-8
Gambar 2.6 Flattening.....	2-9
Gambar 2.7 Fully Connected Layer	2-9
Gambar 2.8 Softmax	2-10
Gambar 2.9 Metrik Evaluasi	2-10
Gambar 2.10 Arsitektur YOLOv8.....	2-14
Gambar 3.1 Fishbone Masalah.....	3-4
Gambar 3.2 Fishbone Solusi	3-5
Gambar 3.3 Graphical Abstract.....	3-7
Gambar 3.4 Objek Penelitian	3-8
Gambar 4.1 Use Case Diagram.....	4-2
Gambar 4.2 Flowchart.....	4-4
Gambar 4.3 Prototype Dashboard.....	4-7
Gambar 4.4 Prototype Opsi Sumber Input.....	4-8
Gambar 4.5 Prototype Kontrol Sistem	4-9
Gambar 4.6 Prototype Tampilan Total Barang Terhitung	4-10
Gambar 4.7 Prototype Riwayat Deteksi.....	4-10
Gambar 4.8 High Fidelity Opsi Input Kamera.....	4-11
Gambar 4.9 Tampilan High Fidelity Dashboard.....	4-12
Gambar 4.10 Tampilan High Fidelity Dashboard System On	4-13
Gambar 4.11 Arsitektur Komponen IOT	4-14
Gambar 4.12 Rancangan Prototype Konveyor Fisik.....	4-15
Gambar 4.13 Rancangan Side Profile Konveyor	4-15
Gambar 4.14 Rancangan Roller Utama Sebagai Penggerak	4-16
Gambar 4.15 Arsitektur Computer Vision	4-17
Gambar 4.16 Pengunggahan Data Roboflow 1	4-19
Gambar 4.17 Otomasi Pelabelan Roboflow.....	4-19
Gambar 4.18 Data Splitting Roboflow.....	4-20
Gambar 4.19 Augmentation Roboflow	4-20
Gambar 5.1 Alur Komponen Elektronik.....	5-3
Gambar 5.2 Kelistrikan Komponen Elektronik.....	5-4

Gambar 5.3 Nilai Loss dan Metrik Performa.....	5-6
Gambar 5.4 Evaluasi Training dan Validation Box Loss.....	5-7
Gambar 5.5 Train Class Loss	5-7
Gambar 5.6 Validation Class Loss.....	5-8
Gambar 5.7 Train dan Validation DFL Loss.....	5-8
Gambar 5.8 Metik Evaluasi Precision, Recall, dan MaP	5-9
Gambar 5.9 Concfusion Matrix Training	5-10
Gambar 5.10 Test Model Evaluasi.....	5-11
Gambar 5.11 Confusion Matrix Test Model Evaluasi	5-12
Gambar 5.12 Pengujian Cahaya Rendah.....	5-15
Gambar 5.13 Pengujian Cahaya Normal.....	5-16
Gambar 5.14 Pengujian Cahaya Tinggi	5-17
Gambar 1 Demonstrasi Konveyor oleh Owner	xviii
Gambar.2 Demonstrasi Sistem Perhitungan	xviii
Gambar 3 Demonstrasi Monitoring Menggunakan HP.....	xix
Gambar 4 Demonstrasi Sistem dan Konveyor oleh Pegawai dan Owner	xix
Gambar 5 Dokumentasi Demonstrasi Sistem	xx

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Daftar Simbol.....	ix
Tabel 2 Daftar Istilah	x
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3.1 Alur Penelitian	1
Tabel 3.2 Analisis Teori.....	6
Tabel 4.1 Total Dataset	21
Tabel 5.1 Rincian Komponen Elektronik.....	1
Tabel 5.2 Rincian Komponen Konveyor Fisik.....	2
Tabel 5.3 Total Biaya Komponen IoT Konveyor	3
Tabel 5.4 Keterangan PIN Komponen Elektronik	5
Tabel 5.5 Pseudocode Algoritma Inferensi dan Deteksi YOLOv8	13
Tabel 5.6 Algoritma Perhitungan Objek	13
Tabel 5.7 Evaluasi Pengujian Cahaya Rendah.....	15
Tabel 5.8 Evaluasi Pengujian Cahaya Normal.....	16
Tabel 5.9 Evaluasi Pengujian Cahaya Tinggi	17
Tabel 5.10 Tabel Error Keseluruhan Pengujian	18
Tabel 5.11 Evaluasi Pengujian Perhitungan.....	18

DAFTAR SIMBOL

Tabel 1 Daftar Simbol

Simbol	Nama Simbol	Keterangan
	Activity	Simbol ini digunakan sebagai menunjukkan aktivitas yang dilakukan oleh aktor yang terlibat
	Transition	Simbol yang digunakan untuk merepresentasikan alur aktivitas
	Off Page Connector	Simbol yang digunakan untuk keluar/masuk proses dalam lembar/halaman yang lain

DAFTAR ISTILAH

Tabel 2 Daftar Istilah

Istilah	Keterangan
Anotasi	Proses pemberian label atau penanda berupa kotak pembatas (<i>bounding box</i>) pada objek di dalam gambar dataset untuk melatih model.
Batch	Sekumpulan sampel data yang diproses bersama-sama oleh jaringan saraf dalam satu iterasi sebelum bobot model diperbarui
Bounding Box	Kotak koordinat persegi yang dihasilkan oleh model deteksi objek untuk melokalisasi posisi target di dalam sebuah gambar atau frame.
Bobot/Weight	Nilai parameter numerik di dalam jaringan saraf tiruan yang terus diperbarui selama proses latihan untuk meminimalkan error prediksi.
Brightness	Tingkat kecerahan atau intensitas cahaya pada suatu gambar; sering dimanipulasi dalam tahap augmentasi <i>data</i> untuk melatih model agar tahan terhadap perubahan cahaya.
Centroid	Titik pusat geometris dari sebuah objek atau <i>bounding box</i> , yang sering digunakan untuk melacak posisi koordinat objek saat bergerak.
<i>Conveyor</i>	Sistem mekanik yang berfungsi untuk memindahkan barang atau material dari satu titik ke titik lain secara otomatis dan terus-menerus.
Dataset	Kumpulan data gambar atau video terstruktur yang digunakan sebagai bahan baku untuk melatih dan menguji model.
Epoch	Satu putaran penuh di mana seluruh dataset pelatihan telah dilewati dan diproses oleh jaringan saraf tiruan selama fase latihan.
Exposure	Jumlah cahaya yang masuk ke sensor kamera saat mengambil gambar, memengaruhi seberapa terang atau gelap detail objek yang ditangkap.
Feature Map	Representasi visual berupa matriks yang dihasilkan oleh lapisan konvolusi (CNN), menonjolkan fitur penting seperti tepi, bentuk, atau tekstur dari gambar masukan
Fishbone	Diagram sebab-akibat yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan memetakan secara visual akar penyebab dari suatu masalah tertentu.
Flip	Teknik augmentasi <i>data</i> dengan cara membalik gambar secara horizontal atau vertikal untuk memperkaya variasi bentuk objek dalam dataset.
Flowchart	Diagram alir yang menggambarkan langkah-langkah, algoritma, atau urutan proses kerja sistem dari awal hingga selesai menggunakan simbol-simbol grafis.
Lokalisasi	proses mengidentifikasi keberadaan objek utama di dalam sebuah gambar dan menentukan lokasi tepatnya menggunakan <i>bounding box</i>
Loss	Nilai yang mengukur seberapa besar kesalahan atau selisih antara hasil prediksi model dengan label asli (<i>ground truth</i>) selama proses pelatihan.
Neuron	Unit pemrosesan dasar dalam jaringan saraf tiruan yang menerima masukan, melakukan perhitungan matematis dengan bobot, dan meneruskan keluaran ke unit berikutnya.
Noise	Gangguan acak atau piksel rusak pada gambar (seperti efek buram) yang dapat menurunkan kualitas visual dan memengaruhi akurasi deteksi objek.
Patience	Parameter pada mekanisme penghentian dini (Early Stopping) yang menentukan jumlah epoch toleransi untuk membiarkan model terus berlatih meskipun tidak ada peningkatan performa (loss tidak turun).
Region Of interest	Area atau wilayah tertentu di dalam sebuah gambar yang dipilih dan difokuskan untuk diproses atau dianalisis lebih lanjut karena mengandung objek target.
Use Case Diagram	Diagram yang menggambarkan hubungan interaksi antara aktor (pengguna atau sistem lain) dengan fungsi-fungsi utama yang disediakan oleh suatu sistem.

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, masalah, tujuan, ruang lingkup, metodologi, dan sistematika penulisan Tugas Akhir. Bagian ini berfungsi sebagai dasar pemahaman konsep dan permasalahan yang melatarbelakangi dibangunnya sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision.

1.1 Latar Belakang

Era ekonomi digital saat ini telah membawa perubahan besar pada cara kita memproduksi dan mendistribusikan barang, termasuk di Indonesia. Beralih ke sistem produksi yang otomatis dan digital kini menjadi suatu keharusan agar bisnis tidak kalah bersaing di pasar global. Dengan memanfaatkan teknologi otomasi, meminimalkan kesalahan produksi, membuat proses kerja lebih fleksibel, dan mempercepat peluncuran produk ke pasar [MUH25].

Berdasarkan hasil wawancara pada tempat produksi Tropic Juice, kegiatan operasional saat ini masih digerakkan secara manual dengan keterbatasan sumber daya manusia. Tropic memproduksi jus dalam dua varian kemasan, yakni cup plastik dan botol ukuran 500ml. Kendala operasional mulai muncul pada waktu tersibuk, di mana proses pemindahan dan perhitungan hasil produksi dari bagian pengisian masih sepenuhnya menggunakan tenaga manusia. Pengawasan manual ini memicu terjadinya selisih perhitungan stok sehingga pekerja kesulitan dan rentan melakukan kesalahan jika hanya mengandalkan pengecekan label secara visual.

Ketergantungan pada pencatatan manual ini tidak hanya memakan waktu, tetapi juga menuntut fokus tinggi dari pekerja operasional. Seiring dengan target peningkatan produksi, sistem perhitungan konvensional tersebut berisiko menghambat alur distribusi. Walaupun skala produksi Tropic beroperasi dalam batasan tertentu, urgensi untuk menekan angka kesalahan hitung mempercepat proses pemindahan barang menjadi landasan kuat untuk merancang sebuah sistem otomatisasi.

Untuk menjawab tantangan tersebut, teknologi computer vision, khususnya dengan penerapan YOLOv8, dapat diimplementasikan sebagai sistem penghitung produk. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi, dan menghitung objek secara real-time berdasarkan informasi visual dari kamera. Dengan mengintegrasikan model pendeteksian ini di atas lintasan konveyor, setiap kemasan yang melintas akan terekam dan terhitung secara otomatis tanpa harus terpengaruh oleh kemiripan warna cairan di dalamnya.

Berdasarkan pemaparan kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem penghitung otomatis berbasis computer vision serta perancangan konveyor sebagai media pemindah barang pada usaha Tropic. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi dan menghitung jumlah kemasan secara akurat saat melewati jalur pemindahan. Pengembangan ini diharapkan dapat menjadi solusi otomatisasi yang menekan tingkat kesalahan perhitungan manual, serta meningkatkan produktivitas dan efisiensi waktu operasional produksi di Tropic.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka permasalahan yang dimunculkan pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision untuk menggantikan proses perhitungan manual di tempat Tropic Juice?
2. Bagaimana kemampuan sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision dalam mendeteksi dan menghitung objek yang melintas pada konveyor?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Dihasilkannya rancangan dan pembangunan sistem Automatic Item Counter pada *conveyor* berbasis Computer Vision sebagai solusi otomasi perhitungan produk.
2. Dihasilkannya kemampuan sistem Automatic Item Counter dalam mendeteksi dan menghitung objek yang melintas pada conveyor berdasarkan hasil pengujian terhadap jumlah aktual objek.

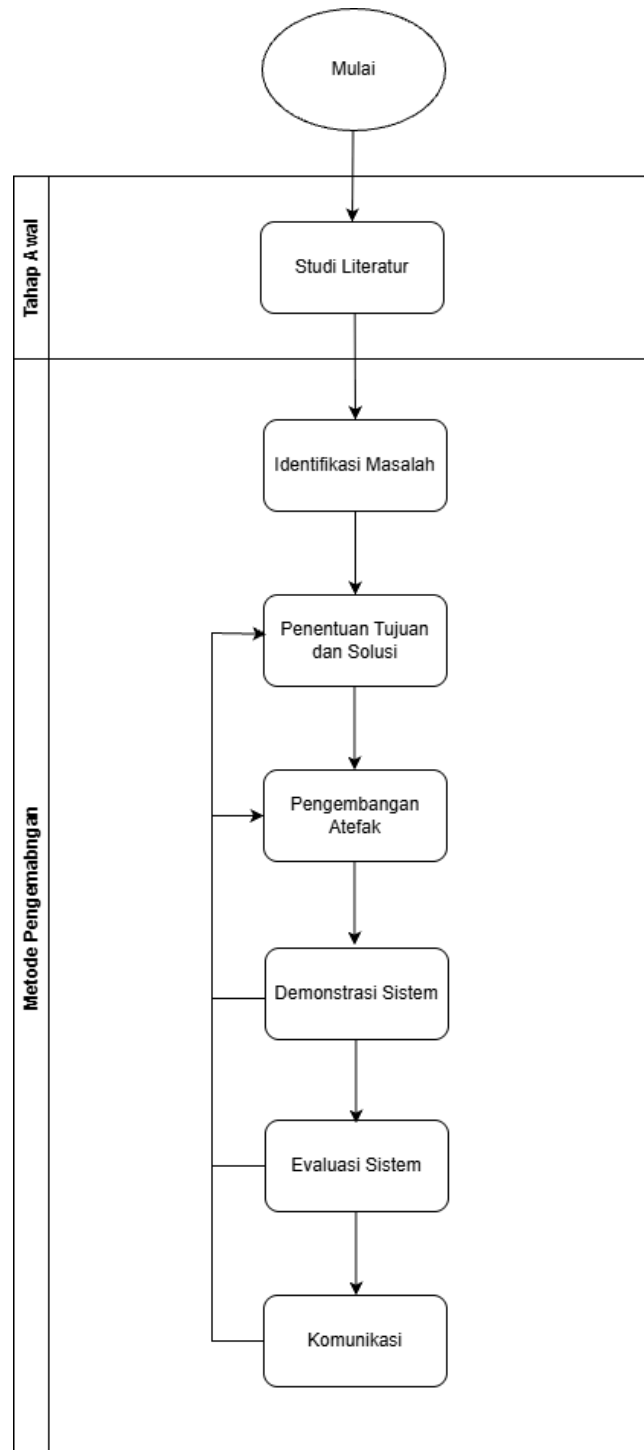
1.4 Lingkup Tugas Akhir

Adapun lingkup atau batasan pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan berupa sistem penghitung barang otomatis berbasis *Computer Vision*.
2. Sistem otomatis hanya berada pada perhitungan botol, bukan pada antarmuka pengguna dan konveyor
3. Objek yang dideteksi sebagai dataset dibatasi pada kemasan produk Tropic Juice, yakni botol plastik berukuran 500 ml.
4. Sistem berfokus pada pendeteksian dan perhitungan, tidak mencakup penyortiran produk cacat, atau pemisahan varian rasa.
5. Hasil keluaran sistem berupa jumlah barang yang terdeteksi dan tercatat secara otomatis.

1.5 Metodologi Tugas Akhir

Bagian ini akan menjelaskan langkah-langkah metodologi penyelesaian yang dilakukan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir. Berikut penjelasan secara detail metodologi pengerjaan tugas akhir untuk memastikan setiap proses berjalan secara terstruktur antara lain:



Gambar 1.1 Metodologi Tugas Akhir

1.5.1. Tahap Awal

1. Studi Literatur

Tahap studi literatur merupakan langkah awal yang penting untuk membangun landasan teori dan pemahaman terkait domain penelitian. Pada fase ini, dilakukan pengumpulan, penelaahan, dan analisis terhadap berbagai literatur ilmiah yang relevan, seperti jurnal, prosiding seminar, buku teks, dan artikel.

Fokus utama dari studi literatur dalam penelitian ini meliputi:

- a. Memahami penerapan metode *Design Science Research* (DSR) sebagai kerangka kerja fungsional dalam membangun artefak.
- b. Mempelajari konsep dasar Computer Vision, pemrosesan citra digital, dan mekanisme kerja arsitektur YOLOv8.
- c. Menganalisis penelitian terdahulu yang berkaitan dengan otomatisasi penghitungan barang pada sabuk konveyor.

1.5.2. Metode Pengembangan

1. Identifikasi Masalah

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi kendala operasional yang terjadi di tempat produksi jus Tropic dengan melalui wawancara semiterstruktur. Masalah utama yang dihadapi adalah proses rekapitulasi jumlah produk botol 500 ml yang masih dilakukan secara manual satu per satu oleh pekerja setelah proses produksi selesai. Ketergantungan penuh pada pengamatan visual pekerja ini menyebabkan proses pendataan menjadi tidak efisien secara waktu dan sangat rentan terhadap kesalahan hitung (human error) akibat kelelahan fisik maupun menurunnya tingkat fokus, terutama saat volume produksi harian mengalami peningkatan.

2. Penentuan Tujuan dan Solusi

Pada tahap ini ditentukan tujuan dari solusi yang akan dikembangkan, yaitu membangun sistem *Automatic Item Counter* yang mampu mendeteksi dan menghitung jumlah barang secara otomatis pada konveyor menggunakan metode *object detection* berbasis *Computer Vision*. Sistem diharapkan mampu melakukan proses deteksi secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik.

3. Pengembangan Artefak

Pada tahap ini dilakukan proses perancangan sistem yang meliputi:

a. Pembangunan IoT Conveyor

Tahap awal pengembangan dimulai dengan perancangan dan perakitan fisik prototype konveyor yang diintegrasikan dengan mikrokontroler berbasis Internet of Things (IoT) serta modul penggerak motor. Perangkat keras ini dibangun terlebih dahulu agar kontrol kecepatan putaran konveyor dapat diatur melalui koneksi IoT dari antarmuka dashboard aplikasi, sekaligus menyediakan fasilitas landasan fisik utama untuk proses akuisisi data.

b. Pengumpulan Dataset

Setelah IoT *conveyor* selesai dibangun dan dapat beroperasi dengan stabil, dilakukan pengambilan data primer berupa rekaman video pergerakan botol jus 500 ml langsung di atas jalur konveyor tersebut. Rekaman video kemudian diekstrak menjadi kumpulan *frame* citra digital. Setiap *frame* diberikan anotasi (*bounding box*) pada area bentuk utuh botol 500 ml. Data yang terkumpul selanjutnya diperbanyak melalui teknik augmentasi citra seperti penyesuaian kecerahan, penambahan *noise*, hingga

variasi *grayscale* untuk meningkatkan ketahanan model.

c. Pelatihan Model

Data citra yang telah diberi label dibagi menjadi data latih, data validasi, dan data uji. Proses pelatihan (*training*) dilakukan agar algoritma dapat mempelajari fitur visual objek botol 500 ml dan membedakannya dari latar belakang konveyor. *Hyperparameter* pelatihan seperti nilai epoch dan batch size dikonfigurasi untuk memperoleh hasil akurasi terbaik dengan menerapkan mekanisme penghentian awal (*early stopping*) agar model mampu mengenali pola objek baru.

4. Demonstrasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian fungsionalitas perangkat keras IoT conveyor serta pengujian integrasi antara antarmuka dashboard aplikasi, modul IoT, dan model sistem sudah dilatih. Pengujian dilakukan dengan menjalankan IoT conveyor pada berbagai skenario kecepatan sambil mengalirkan stream video botol 500 ml ke sistem. Demonstrasi ini bertujuan untuk memastikan perintah pengontrolan conveyor berjalan, pergerakan botol stabil, alur deteksi objek menangkap gambar tanpa kendala, dan logika garis pemicu (Region of Interest) mampu menjumlahkan objek secara otomatis.

5. Evaluasi Sistem

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengukur tingkat keandalan performa sistem secara menyeluruh. Evaluasi operasional dilakukan dengan membandingkan hasil hitung otomatis pada dashboard terhadap jumlah botol 500 ml aktual yang melewati conveyor. Selain itu, evaluasi komputasi terhadap performa model deteksi dievaluasi menggunakan metrik standar seperti Precision, Recall, dan mean Average Precision (mAP).

6. Komunikasi

Tahap terakhir dilakukan dengan menyusun dokumentasi akademik berupa laporan Tugas Akhir yang memuat keseluruhan alur penelitian mulai dari identifikasi masalah di Tropic, perancangan perangkat keras IoT conveyor, akuisisi dataset di atas conveyor, arsitektur Computer Vision, implementasi kode, integrasi sistem, pengujian hardware dan software, hingga evaluasi akhir. Hasil penelitian ini kemudian disajikan dan dipertanggungjawabkan dalam bentuk pelaporan tertulis serta presentasi sidang Tugas Akhir.

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Buku Tugas Akhir ditulis dengan mengikuti sistematika sebagai berikut :

BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini berisi pemaparan latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan tugas akhir, lingkup batasan penelitian, metodologi penyusunan yang mencakup tahap awal dan metode pengembangan, serta sistematika penulisan laporan.

BAB 2 : Landasan Teori

Bab ini menjelaskan teori-teori dasar dan kajian pustaka yang melandasi penelitian, meliputi Design Science Research, Machine Learning, Deep Learning, Convolutional Neural Network (CNN), metrik evaluasi, Computer Vision, Object Detection, algoritma YOLOv8, serta kajian penelitian terdahulu yang relevan.

BAB 3 : Skema Penelitian

Bab ini membahas tahapan alur penelitian secara menyeluruh, peralatan yang digunakan, perumusan masalah mencakup analisis sebab-akibat, solusi masalah, dan analisis teori, *graphical abstract*, serta gambaran umum objek penelitian.

BAB 4 : Perancangan dan Pelatihan

Bab ini memuat perancangan arsitektur sistem yang meliputi Use Case Diagram, flowchart sistem, rancangan antarmuka pengguna Low Fidelity dan High Fidelity, rancangan perangkat keras IoT Conveyor, rancangan Computer Vision, serta prosedur pengumpulan dan penyiapan dataset.

BAB 5 : Pembangunan dan Evaluasi

Bab ini menguraikan proses realisasi dan pengujian sistem, yang terdiri dari pembangunan fisik dan elektronik konveyor beserta rincian biayanya, penerapan logika pemrosesan sistem, pelatihan data, pengujian performa sistem (pemisahan data dan inferensi), serta analisis kelebihan dan kekurangan dari sistem yang dibangun.

BAB 6 : Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan akhir dari hasil pembangunan, pelatihan, dan pengujian sistem Automatic Item Counter, serta menyajikan saran-saran untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang.

BAB 2

LANDASAN TEORI

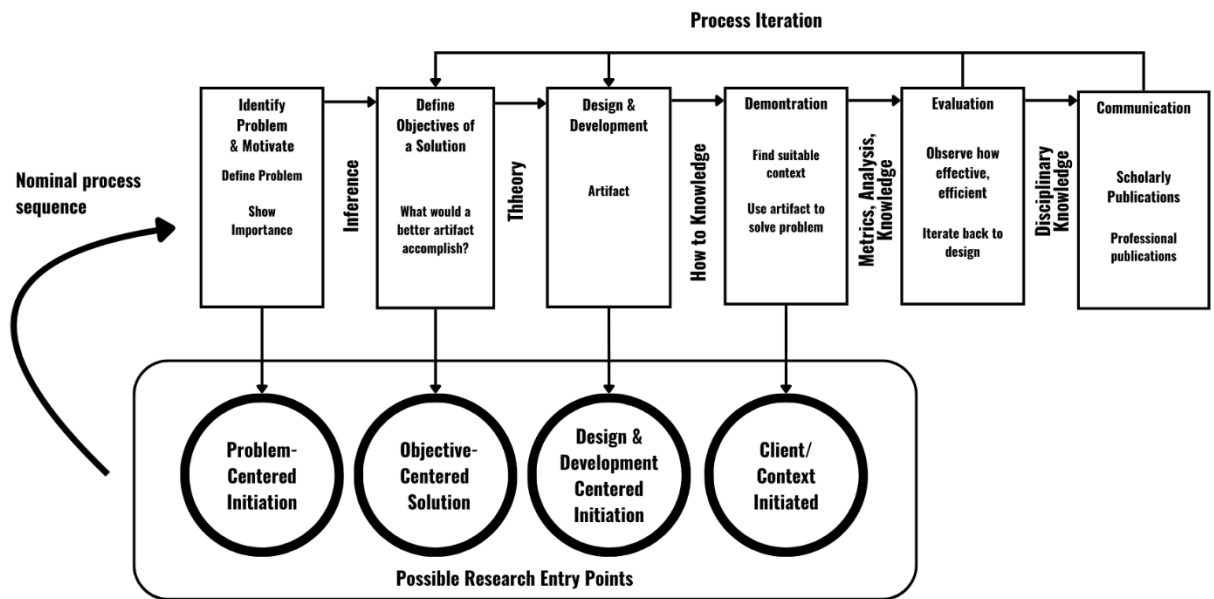
Bab ini membahas teori, konsep, dan penelitian terdahulu yang menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan sistem *Automatic Item Counter*. Landasan teori digunakan sebagai acuan dalam proses perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem yang dibangun.

2.1 Teori yang digunakan

Pada sub-bab ini dipaparkan mengenai landasan teori, konsep dasar, serta literatur ilmiah yang menjadi fondasi utama dalam pelaksanaan penelitian ini. Pemahaman terhadap teori-teori ini sangat penting guna menjamin metodologi yang diterapkan memiliki validitas ilmiah yang kuat. Adapun cakupan teori yang digunakan dalam pembangunan sistem otomatisasi penghitung barang berbasis *Computer Vision* ini meliputi konsep pemrosesan citra digital, arsitektur jaringan saraf tiruan, hingga model deteksi objek yang dijelaskan sebagai berikut:

2.1.1. Design Science Research

Metode yang digunakan adalah *Design Science Research* (DSR) adalah metodologi penelitian yang menggabungkan teori dan praktik dengan tujuan untuk menciptakan artefak baru yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah dunia nyata. Artefak ini bisa berupa perangkat lunak, model, metode, atau sistem yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan tertentu. *Design Science Research* (DSR) adalah sebuah paradigma riset yang berfokus pada pengembangan pengetahuan desain, khususnya terkait pembuatan artefak seperti perangkat lunak, model, metode, atau konsep [YUD25]. Tujuan dari proyek penelitian DSR adalah untuk memperluas batas kemampuan manusia dan organisasi dengan merancang artefak baru dan inovatif yang diwakili oleh konstruksi, model, metode, dan instantias [SAP24].



Gambar 2.1 Metodologi Design Science Research

Langkah-langkah *Design Science Research*:

1. Identifikasi Masalah dan Motivasi

Aktivitas ini mendefinisikan masalah penelitian secara spesifik dan membenarkan nilai penting dari solusi yang ditawarkan. Menjustifikasi nilai dari suatu solusi akan mencapai dua hal: memotivasi peneliti serta audiens penelitian untuk mengupayakan solusi tersebut, dan membantu audiens untuk mengapresiasi pemahaman peneliti terhadap masalah yang dihadapi. Sumber daya yang dibutuhkan untuk aktivitas ini mencakup pengetahuan tentang status/kondisi masalah saat ini dan pentingnya solusi untuk masalah tersebut. Identifikasi masalah dilakukan dengan memahami kondisi atau keadaan yang sedang berlangsung, kesenjangan antara kondisi yang diharapkan dengan kondisi aktual, serta faktor-faktor yang menyebabkan munculnya permasalahan. Pemahaman terhadap kondisi tersebut diperlukan agar solusi yang dirancang tidak hanya bersifat teknis, tetapi benar-benar memiliki keterkaitan dengan permasalahan yang hendak diselesaikan.

2. Menentukan Tujuan Solusi

Tujuan dari suatu solusi dapat disimpulkan dari definisi masalah serta pengetahuan tentang apa yang mungkin dan layak untuk dilakukan. Tujuan solusi ditentukan berdasarkan pemahaman terhadap permasalahan, kebutuhan pihak yang berkepentingan, serta pengetahuan mengenai solusi yang secara teknis memungkinkan untuk dikembangkan. Dengan demikian, tujuan solusi harus memiliki hubungan langsung dengan permasalahan yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya.

Dalam DSR, tujuan solusi tidak selalu harus berupa penyelesaian masalah secara keseluruhan. Tujuan dapat berupa perbaikan terhadap kondisi yang ada, peningkatan kemampuan suatu proses, penyediaan fungsi tertentu, atau pengembangan pendekatan baru yang dapat membantu

menyelesaikan sebagian dari permasalahan.

3. Desain dan Pengembangan

Pada tahap ini, sebuah artefak diciptakan. Secara konseptual, artefak DSR dapat berupa objek rancangan apa pun yang di dalamnya tertanam kontribusi penelitian pada desain tersebut. Aktivitas ini meliputi penentuan fungsionalitas dan arsitektur artefak yang diinginkan, yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan artefak yang sebenarnya. Proses desain dimulai dengan menentukan karakteristik, fungsi, struktur, arsitektur, dan mekanisme kerja artefak berdasarkan tujuan solusi yang telah ditetapkan. Desain tidak hanya berkaitan dengan bentuk atau tampilan artefak, tetapi juga mencakup bagaimana artefak bekerja dan bagaimana setiap komponennya berinteraksi untuk menghasilkan solusi terhadap permasalahan.

Setelah rancangan ditentukan, proses dilanjutkan dengan pengembangan atau implementasi artefak. Pada tahap ini rancangan diterjemahkan menjadi artefak yang dapat digunakan. Proses pengembangan dapat melibatkan pembuatan perangkat keras, perangkat lunak, algoritma, model, prosedur, maupun kombinasi dari beberapa komponen tersebut, bergantung pada jenis artefak yang dikembangkan. Tahap ini bersifat iteratif, sehingga proses desain dan pengembangan dapat dilakukan melalui beberapa siklus. Hasil pengembangan dapat digunakan untuk menemukan kekurangan pada rancangan, kemudian dilakukan perbaikan hingga artefak memenuhi tujuan dan kebutuhan yang telah ditentukan.

4. Demonstrasi

Aktivitas ini mendemonstrasikan penggunaan artefak untuk menyelesaikan satu atau beberapa contoh kasus dari masalah yang ada. Pada tahap ini, artefak ditempatkan dalam konteks penggunaan yang sesuai sehingga dapat diketahui bagaimana solusi bekerja ketika digunakan. Demonstrasi tidak berfokus pada pengukuran seberapa baik kinerja artefak, tetapi lebih kepada pembuktian bahwa artefak dapat digunakan dan memiliki kemampuan untuk menjalankan fungsi yang dirancang. Skenario demonstrasi harus memiliki hubungan dengan permasalahan yang menjadi dasar penelitian. Dengan demikian, penggunaan artefak dalam demonstrasi dapat memberikan gambaran mengenai mekanisme kerja solusi dan bagaimana artefak tersebut digunakan untuk menangani permasalahan yang telah diidentifikasi.

5. Evaluasi

Evaluasi mengukur seberapa baik artefak tersebut dalam mendukung solusi untuk masalah yang dihadapi. Aktivitas ini melibatkan perbandingan antara tujuan solusi dengan hasil aktual yang diamati dari penggunaan artefak dalam konteksnya. Evaluasi dapat dilakukan menggunakan berbagai metode, seperti eksperimen, pengujian fungsional, studi kasus, observasi, simulasi, analisis kuantitatif, maupun metode evaluasi lainnya. Pemilihan metode evaluasi harus mampu menghasilkan bukti yang dapat digunakan untuk menentukan apakah artefak telah memenuhi tujuan yang

ditetapkan. Hasil evaluasi tidak hanya digunakan untuk menentukan keberhasilan atau kegagalan artefak, tetapi juga dapat digunakan untuk menemukan kekurangan dan menentukan perbaikan terhadap artefak. Oleh karena itu, evaluasi dalam DSR dapat menghasilkan proses iterasi kembali menuju tahap desain dan pengembangan.

6. Komunikasi

Di tahap ini, seluruh aspek masalah dan artefak yang telah dirancang dikomunikasikan kepada para pemangku kepentingan yang relevan. Bentuk komunikasi yang tepat digunakan berdasarkan tujuan penelitian dan audiens yang dituju, seperti para profesional praktisi [BRH20]. Informasi yang dikomunikasikan tidak hanya berupa artefak yang dihasilkan, tetapi juga mencakup permasalahan yang dihadapi, tujuan penelitian, proses perancangan, metode pengembangan, hasil evaluasi, serta kontribusi yang diberikan oleh penelitian. Bentuk komunikasi dapat disesuaikan dengan karakteristik penelitian dan pihak yang menjadi sasaran. Dalam lingkungan akademik, komunikasi dapat dilakukan melalui laporan penelitian, artikel ilmiah, seminar, konferensi, atau presentasi hasil penelitian. Sementara itu, pada lingkungan praktis, hasil penelitian dapat disampaikan dalam bentuk dokumentasi teknis, demonstrasi sistem, atau bentuk penyampaian lainnya yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tujuan utama tahap komunikasi adalah memastikan bahwa hasil dan pengetahuan yang diperoleh dari penelitian dapat disebarluaskan, dipahami, serta memberikan manfaat bagi komunitas akademik maupun praktisi yang berkaitan dengan permasalahan tersebut.

7. Possible Research Entry Points

Dalam Design Science Research (DSR), penelitian dapat dimulai dari beberapa titik awal (research entry points) sesuai dengan kondisi penelitian. Terdapat empat kemungkinan titik awal, yaitu:

- a. Problem-Centered Initiation, yaitu penelitian dimulai dari identifikasi permasalahan yang membutuhkan suatu solusi.
- b. Objective-Centered Solution, yaitu penelitian dimulai dari tujuan atau kondisi yang ingin dicapai, kemudian dikembangkan solusi untuk mencapai tujuan tersebut.
- c. Design and Development-Centered Initiation, yaitu penelitian dimulai dari teknologi, metode, desain, atau artefak yang telah tersedia untuk dikembangkan atau diterapkan dalam konteks tertentu.
- d. Client/Context Initiated, yaitu penelitian dimulai dari kebutuhan atau permintaan pengguna, organisasi, atau pihak tertentu dalam suatu konteks tertentu.

Metodologi *Design Science Research* (DSR) dipilih karena berfokus pada perancangan, pengembangan, dan evaluasi artefak berupa sistem untuk menyelesaikan suatu permasalahan [PEF07]. Kelebihan DSR adalah sesuai untuk penelitian yang menghasilkan sistem atau aplikasi, sedangkan kekurangannya kurang memberikan panduan rinci terkait pengolahan data dan

pembangunan model Machine Learning. Berbeda dengan CRISP-DM yang lebih berfokus pada proses pengolahan data dan pengembangan model, DSR lebih sesuai digunakan pada penelitian ini karena tujuan utamanya adalah membangun sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision bukan hanya dari sisi pembuatan model tetapi juga pembuatan prototype conveyor.

2.1.2. Computer Vision

Computer Vision adalah bidang kecerdasan buatan (AI) yang menggunakan *machine learning* dan *neural network* untuk mengajar komputer dan sistem agar memperoleh informasi bermakna dari gambar digital, video, dan masukan visual lainnya dan untuk membuat rekomendasi atau mengambil tindakan saat melihat cacat atau masalah [CAS25].

Visi komputer memungkinkan berbagai kasus penggunaan baru, sehingga dapat membantu perusahaan di seluruh industri memecahkan masalah nyata seperti mengurangi biaya operasional, memungkinkan otomatisasi bisnis, dan menciptakan layanan atau aliran pendapatan baru. Visi komputer menggabungkan berbagai komponen seperti komputasi *edge*, komputasi cloud, perangkat lunak, dan model deep learning AI untuk memungkinkan komputer “melihat” data yang dikumpulkan dari kamera dan video, mengenali objek, orang, dan pola tertentu dengan cepat, membuat prediksi, dan mengambil tindakan jika diperlukan [INT26].

2.1.3. Machine Learning

Machine learning (ML) merupakan cabang dari *Artificial Intelligence* atau kecerdasan buatan yang berfokus pada kemampuan komputer dan mesin untuk meniru cara manusia belajar. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk melakukan tugas secara mandiri serta meningkatkan kinerja dan tingkat keakuratan berdasarkan pengalaman dan paparan terhadap data dalam jumlah yang lebih besar [BER25]. Dalam penerapannya, model *machine learning* terbagi ke dalam tiga kategori utama, yaitu *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *reinforcement learning*. Namun, pada penelitian ini metode yang digunakan berfokus pada *supervised learning*.

Supervised learning merupakan metode *machine learning* yang proses pembelajarannya menggunakan kumpulan data berlabel untuk melatih algoritma agar mampu mengklasifikasikan data atau memprediksi hasil dengan lebih akurat.

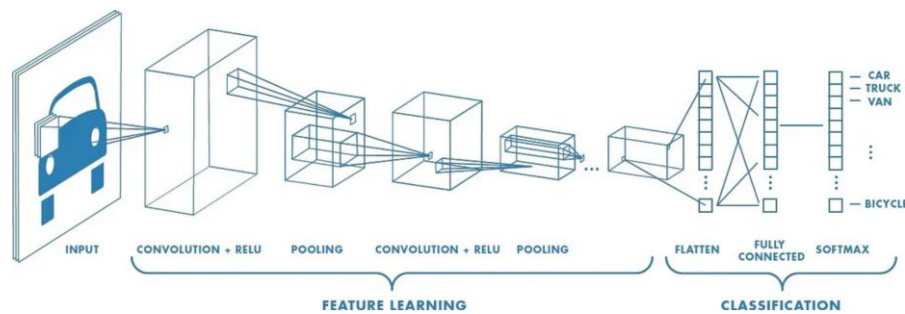
2.1.4. Deep Learning

Pembelajaran mendalam adalah bagian dari pembelajaran mesin yang menggunakan jaringan saraf berlapis, yang disebut *deep neural network*, untuk mensimulasikan kekuatan pengambilan keputusan yang kompleks dari otak manusia. Beberapa bentuk pembelajaran mendalam mendukung sebagian besar aplikasi kecerdasan buatan (AI) dalam kehidupan kita saat ini. Berbeda dengan logika matematika yang didefinisikan secara spesifik pada algoritma *machine learning* tradisional, jaringan saraf tiruan pada model deep learning terdiri dari banyak lapisan "neuron" yang saling terhubung, yang masing-masing melakukan operasi matematika.

Dengan menggunakan pembelajaran mesin untuk menyesuaikan kekuatan koneksi antar *neuron* individual di lapisan yang berdekatan dengan kata lain, bobot dan bias model yang bervariasi jaringan dapat dioptimalkan untuk menghasilkan keluaran yang lebih akurat. Meskipun jaringan saraf dan pembelajaran mendalam telah menjadi terkait erat satu sama lain, "deep learning" mengacu pada pelatihan model dengan setidaknya 4 lapisan[BER26].

2.1.5. Convolutional Neural Network

CNN merupakan algoritme turunan dari neural network yang bekerja lebih khusus pada data *vitra digital*. CNN merupakan algoritme yang mengikuti cara kerja manusia dalam memproses apa yang dilihat. Mata adalah alat inputan yang selanjutnya diproses oleh otak dengan miliaran *neuron* d(layer konvolusi) dan menghasilkan luaran dalam bentuk prediksi terhadap suatu objek. Misalnya kita ingin mendeteksi suatu objek *binary class*(botol, bukan botol), objek *multi class* (botol, kaleng, gelas) atau juga dapat mendeteksi suatu objek dari kumpulan objek lain(misalnya mendeteksi botol di foto kumpulan wadah yang bisa menampung air) [SAP22]. CNN terdiri dari 2 lapisan arsitektur, yakni *feature learning* dan *classification layer*



Gambar 2.2 Convolutional Neural network

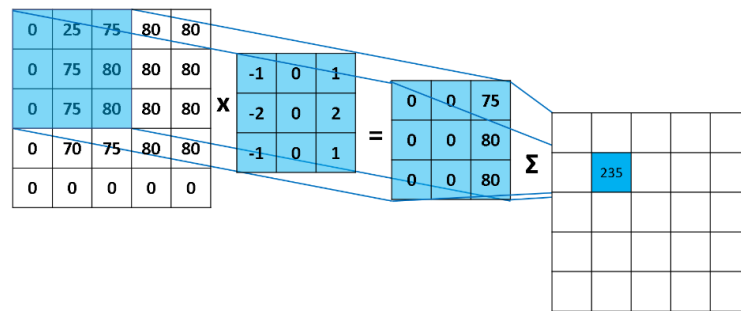
Pada bagian *feature learning*, terdapat lapisan yang berguna menerima input gambar secara langsung diawal dan memprosesnya sampai menghasilkan output data. Lapisan yang ada pada proses ini terdiri dari lapisan konvolusi dan lapisan *pooling*, dimana setiap proses lapisan tersebut akan menghasilkan *feature maps* berupa angka-angka yang merepresentasikan gambar untuk kemudian diteruskan pada bagian lapisan klasifikasi.

Lapisan Feature Learning sebagai berikut:

1. Convolutional Layer

Convolutional layer terdiri dari *neuron* yang tersusun sehingga membentuk sebuah filter dengan panjang dan tinggi *pixels*. Filter ini akan dikomputasi bersama 3 layer citra input, Selanjutnya, dengan layer output. Pada kenyataanya, kegiatan konvolusi dilakukan ratusan bahkan ribuan kali, tergantung *hyperparameter* yang dipakai [SAK22].

Adapun beberapa parameter pada lapisan konvolusi sebagai berikut:



Gambar 2.3 Operasi Konvolusi

a. Kernel

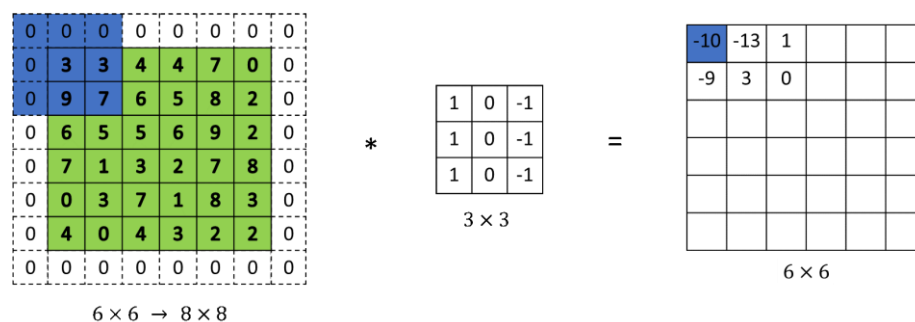
Kernel adalah jendela kecil (misalnya 3×3) atau yang bisa dipahami sebagai matriks 2 dimensi. *Kernel* berfungsi untuk menangkap keterkaitan piksel-piksel yang berdekatan pada gambar. Filter umumnya berukuran 3×3 atau 5×5 piksel. Setiap piksel pada filter memiliki bobot. Nilai-nilai bobot dapat dilatih atau ditetapkan menggunakan algoritma Backpropagation [PAH24].

b. Stride

Stride adalah parameter yang kita tentukan untuk melihat pergeseran pada piksel. Jika nilai stride adalah 1, maka ia akan bergeser sebanyak satu piksel secara horizontal dan vertikal [SAK22].

c. Padding

Padding same, disebut juga dengan *zero padding*. Cara kerjanya menambahkan piksel tambahan di sekeliling matriks dengan nilai 0 untuk mengatasi kehilangan piksel citra saat pergeseran kernel pada proses konvolusi [PRA20].



Gambar 2.4 Padding

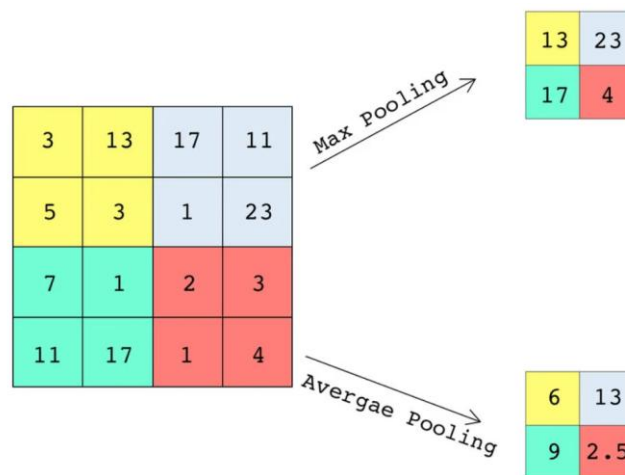
2. Activation layer

Fungsi aktivasi adalah sebuah fungsi non linear yang digunakan untuk melakukan *training* terhadap *neural network*, dengan mendefinisikan *output* dari neuron dari satu set input yang diberikan. Cara kerja fungsi aktivasi di dalam *neural network* adalah *input* diberikan kepada *network* dari *input layer*. Di dalam neuron, di layer berikutnya, jumlah bobot dari *input-input* dikalkulasi, dan

biasa ditambahkan kepada jumlah tersebut. Jumlah ini kemudian melalui fungsi aktivasi [AKI23].

3. Pooling Layer

Pooling layer berguna untuk mereduksi dimensi hasil feature map, karena tidak semua piksel memiliki nilai yang berharga. Fungsi pooling layer juga untuk mempercepat komputasi tanpa harus kehilangan informasi berharga dari piksel. Pooling terdiri dari dua jenis yaitu max pooling dan average pooling. Max pooling mencari nilai tertinggi dari setiap kelompok piksel, sedangkan average pooling mencari nilai rata-ratanya [SAK22].



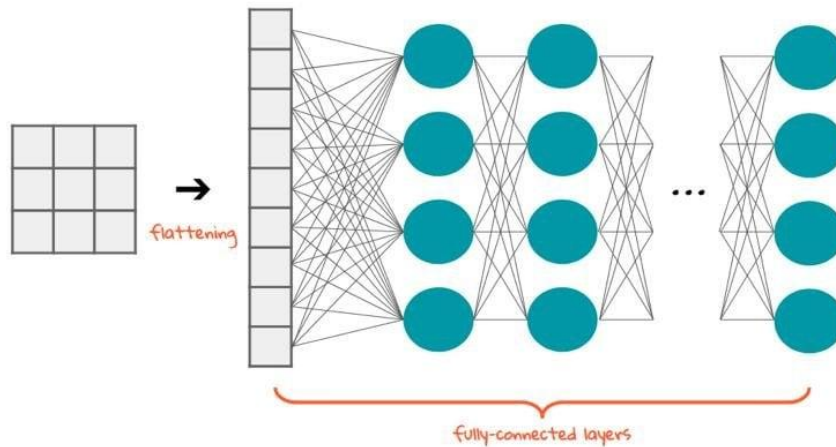
Gambar 2.5 Pooling Layer

Pada lapisan *classification*, terdiri dari beberapa lapisan yang berisi neuron yang terkoneksi penuh dengan lapisan lain. Lapisan ini menerima input dari output layer bagian *feature learning* yang kemudian diproses pada *flatten* dengan tambahan beberapa hidden layer pada *fully connected* hingga menghasilkan *output* berupa akurasi klasifikasi dari setiap kelas [AZD23].

Pada lapisan *classification* sebagai berikut:

1. Flattening

Flattening adalah sebuah proses perubahan data *pooling* yang mempunyai array 2D lalu diubah ke data 1D *single vector*. *Flattening* bisa di definisikan sebagai *reshape feature map* ke *vector* yang nantinya dapat digunakan untuk inputan dari *fully connected layer* [DZUL22].

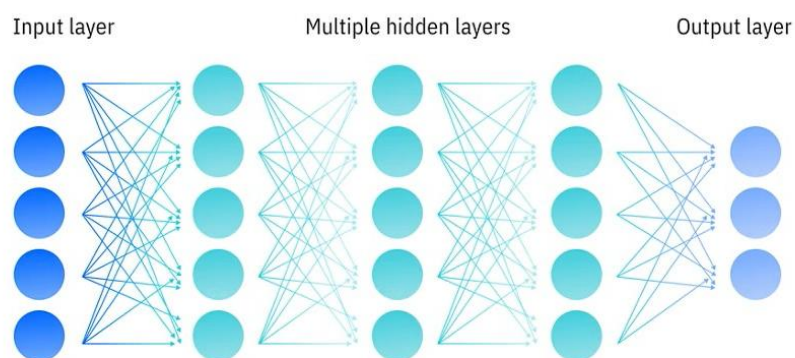


Gambar 2.6 Flattening

Sebagai contoh, jika feature map terakhir yang dihasilkan oleh lapisan pooling memiliki dimensi spasial 3x3 dengan kedalaman 1 *channel*, maka proses *flattening* akan memetakan dan merentangkan ke-9 nilai elemen di dalam matriks tersebut secara berurutan ke bawah menjadi sebuah vektor kolom tunggal berukuran 1x9.

2. Fully Connected Layer

Lapisan Fully-Connected adalah lapisan di mana semua neuron aktivasi dari lapisan sebelumnya terhubung semua dengan neuron di lapisan selanjutnya seperti halnya jaringan syaraf tiruan biasa. Setiap aktivasi dari lapisan sebelumnya perlu diubah menjadi data satu dimensi sebelum dapat dihubungkan ke semua neuron di lapisan Fully-Connected. Lapisan Fully-Connected biasanya digunakan pada metode Multi Layer Perceptron dan bertujuan untuk mengolah data sehingga bisa diklasifikasikan.



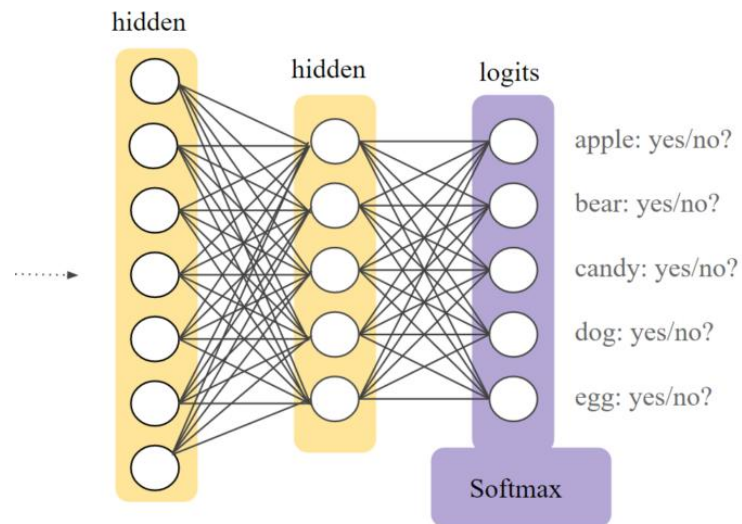
Gambar 2.7 Fully Connected Layer

Perbedaan antara lapisan Fully-Connected dan lapisan konvolusi biasa adalah neuron di lapisan konvolusi terhubung hanya ke daerah tertentu pada input, sementara lapisan Fully-Connected memiliki neuron yang secara keseluruhan terhubung. Namun, kedua lapisan tersebut masih mengoperasikan produk dot, sehingga fungsinya tidak begitu berbeda [RIZ19].

3. Softmax

Fungsi aktivasi *softmax* digunakan untuk menghitung probabilitas pada hasil *output*, yang

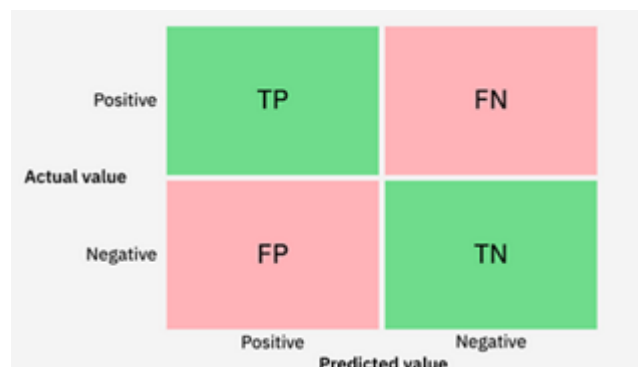
terjadi di *output layer* dimana akan diambil nilai probabilitas paling besar sebagai prediksi. *Softmax* digunakan untuk menghitung probabilitas distribusi dari vektor bilangan real. Fungsi *softmax* menghasilkan *output* yang merupakan kisaran nilai antara 0 dan 1, dengan jumlah probabilitas sama dengan 1 [INA19].



Gambar 2.8 Softmax

2.1.6. Metrik Evaluasi

Evaluasi model merupakan proses menganalisa kinerja dari model *machine learning* menggunakan beberapa metrik evaluasi. Tahapan ini penting dalam siklus pengembangan *machine learning* karena menentukan seberapa baik model yang dibangun mampu menyelesaikan permasalahan pada data baru. Melatih model dapat dianalogikan seperti mengajar seorang siswa. Evaluasi model ibarat ujian untuk melihat apakah mereka benar-benar memahami materi atau hanya menghafal jawaban. Hasil evaluasi performa sebuah model, dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan optimasi/perbaikan kinerja model [KEM26].



Gambar 2.9 Metrik Evaluasi

Beberapa metrik yang akan digunakan untuk evaluasi mode adalah sebagai berikut:

1. Akurasi

Akurasi dihitung sebagai jumlah prediksi yang benar dibagi dengan jumlah total prediksi. Persentase ini adalah metrik yang sangat umum. Akurasi model dan performa model sering

disamakan, tetapi akurasi model hanyalah satu bagian dari performa model. Dan meskipun keduanya saling terkait, prediksi yang akurat saja tidak dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang seberapa baik performa suatu model.

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (2.1)$$

2. Recall

Recall mengukur jumlah *true positive* prediksi yang benar sebenarnya. Ini juga dikenal sebagai tingkat sensitivitas atau tingkat *true positive* (TP).. Model ML dengan *recall* tinggi dapat mengidentifikasi kasus positif dengan benar sekaligus meminimalkan *false negative* (kasus positif sebenarnya yang salah diprediksi sebagai kasus negatif).

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.2)$$

3. Precision

Presisi adalah proporsi prediksi positif yang benar-benar positif. Model pembelajaran mesin dengan presisi tinggi dapat meminimalkan *false positive* (kasus negatif sebenarnya yang salah diprediksi sebagai kasus positif).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.3)$$

4. F1 Score

Skor F1 adalah rata-rata harmonik dari *recall* dan *precision*, yang menggabungkan kedua metrik tersebut menjadi satu. Skor ini menganggap kedua ukuran tersebut memiliki bobot yang sama untuk menyeimbangkan *false positive* atau *false negative*. Skor ini sangat berguna untuk dataset yang tidak seimbang, seperti saat mendeteksi penyakit langka, karena kasus negatif jauh lebih banyak daripada kasus positif [STR25].

$$F1Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (2.4)$$

5. Mean Average Precision

Mean Average Precision (mAP) adalah metrik yang banyak digunakan untuk mengevaluasi kinerja model visi komputer, mAP menilai seberapa baik model menemukan objek dan seberapa akurat model tersebut memposisikan bounding box di sekitarnya. Dengan merangkum *trade-off* antara presisi dan recall di semua kelas, mAP memberikan skor tunggal yang mencerminkan ketahanan model dalam skenario dunia nyata [YAN24].

Rumus mAP:

$$mAP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AP_i \quad (2.5)$$

- a. N = Total jumlah kelas objek
- b. AP_i = Average Precision Kelas ke - i

Mean Average Precision (mAP) merangkum kinerja deteksi objek ke dalam satu angka antara 0 dan 1. mAP dihitung dengan menghitung Presisi Rata-Rata untuk setiap kelas secara independen, kemudian mengambil rata-rata dari semua kelas. Skor yang lebih tinggi menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal akurasi deteksi dan kebenaran klasifikasi [SOL26].

6. Mean Absolute Error

Mean Absolute Error (MAE) ini untuk mengukur rata-rata selisih mutlak antara jumlah aktual dengan yang terhitung oleh sistem dari seluruh sesi

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (2.6)$$

7. Mean Absolute Percentage Error

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) yaitu untuk ,mengukur rata-rata persentase error antara jumlah aktual dengan yang terhitung sistem.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \times 100\% \quad (2.7)$$

8. Counting Accuracy Metric

Metrik Akurasi Perhitungan ini untuk menghitung persentase objek yang dihitung dengan benar.

$$CA = 100\% - MAPE \quad (2.8)$$

2.1.7. Object Detection

Deteksi *Object detection* atau deteksi objek merupakan salah satu teknik yang penting dalam computer vision. *Object detection* ini merupakan suatu metode yang berusaha untuk mengidentifikasi objek, seperti manusia, binatang, atau kendaraan, pada gambar digital. Tujuan dari *object detection* adalah untuk mengembangkan model yang dapat menyelesaikan solusi terhadap beberapa isu permasalahan yang ada dalam *object detection*, seperti mencari letak objek pada gambar dan melakukan klasifikasi dari objek tersebut .

Dalam *object detection* ada berbagai macam tantangan yang perlu ditangani, seperti perbedaan sudut pandang, tingkat pencahayaan, variasi dari objek, perubahan skala atau ukuran objek, kepadatan objek, dll. Gambar yang ditangkap pada kondisi tingkat pencahayaan yang minim memiliki beberapa permasalahan yang menyebabkan penurunan pada kualitas dari gambar. Sebuah gambar dengan short *exposure* tidak memiliki informasi yang cukup untuk dilakukannya visual *processing* dan *brightness enhancement* menyebabkan bertambahnya *noise* pada gambar. Sedangkan gambar dengan long *exposure* memiliki noise seperti *motion blur*. Keberadaan *noise* ini berdampak pada saat dilakukannya deteksi objek, seperti berkurangnya akurasi dari pendeteksian tersebut [NUR23].

2.1.8. YOLOv8

YOLO adalah detektor satu tahap, yang menangani identifikasi dan klasifikasi objek dalam satu kali proses jaringan. YOLO bukan satu-satunya model deteksi satu tahap, tetapi secara umum lebih berkinerja baik dalam hal kecepatan dan akurasi. Dengan memperlakukan tugas deteksi sebagai pendekatan regresi satu kali untuk mengidentifikasi kotak pembatas, model YOLO sering kali sangat cepat dan sangat kecil sering kali membuatnya lebih cepat untuk dilatih dan lebih mudah untuk diterapkan, terutama pada perangkat *edge* dengan keterbatasan komputasi [NEL26].

Block/modul penyusun jaringan YOLOv8 yaitu:

1. Modul C2f menggabungkan berbagai informasi citra digital untuk meningkatkan akurasi deteksi. Hal ini memungkinkan YOLOv8 untuk mendapatkan lebih banyak informasi ketika terjadi perubahan pada model tanpa membebani sistem yang berjalan
2. Modul bottleneck terdiri dari blok residual bottleneck yang mengurangi redundansi komputasi dalam jaringan pembelajaran mendalam mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan alur gradien.
3. Modul *Conv* atau konvolusi. Konvolusi pada citra digital merupakan teknik yang digunakan untuk perbaikan kualitas citra dalam dua dimensi
4. Modul *Spartial Pyramid Pooling Force* (SPPF) yang dapat menghasilkan representasi informasi dari berbagai ukuran citra digital. Hal tersebut membuat YOLOv8 dapat mendeteksi kompleksitas objek dalam berbagai ukuran secara akurat.
5. Modul *Upsample* digunakan untuk meningkatkan resolusi dari citra digital agar sesuai dengan resolusi citra digital lainnya yang telah diproses untuk digabungkan menggunakan modul concat.
6. Modul *MaxPool2d* adalah lapisan pemrosesan yang berfungsi untuk mengurangi dimensi spasial lebar dan tinggi dari fitur gambar (downsampling) sekaligus mempertahankan informasi visual yang paling penting.
7. BatchNorm2d berfungsi untuk menstabilkan dan mempercepat proses pelatihan jaringan dengan cara menormalisasi nilai aktivasi dari *feature map* pada setiap *mini-batch*.
8. Modul SiLU (Sigmoid Linear Unit) bertugas untuk memasukkan sifat non-linear atau kemampuan suatu sistem untuk memahami hubungan yang rumit, berliku, dan tidak proporsional antara input (data mentah) dan output (prediksi).
9. Modul *Detect* akan bekerja menggunakan masukan dari informasi-informasi citra digital yang telah digabungkan menggunakan modul C2f [ARI24].

Karena objek penelitian hanya satu kelas dan kondisi pengambilan data relatif stabil, performa YOLOv8s dinilai sudah mencukupi, mampu mendeteksi objek secara akurat dan kebutuhan komputasi yang rendah sehingga penggunaan YOLOv9, YOLOv10, atau YOLOv11 tidak memberikan peningkatan yang besar.

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah acuan jurnal dan penelitian terdahulu yang relevan dengan sistem deteksi serta penghitungan objek otomatis. Telaah literatur ini berfungsi sebagai referensi penelitian ini.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Hasil Penelitian	Alasan digunakan
1.	Silvia Nur Anggraini, Kharis Hudaiby Hanif	Penelitian ini berhasil mendeteksi objek pada konveyor dengan baik pada kecepatan 43 RPM dan akurasi 73,6% [ANG25]	Sebagai pembanding penggunaan hasil uji penggunaan YOLOv4 untuk mendeteksi dan perhitungan pada konveyor.

2.	Usama, Deny Wiria Nugraha	Penelitian ini berhasil mendeteksi dan menyortir kerusakan kaleng cat secara otomatis dengan menguji pada 3 kondisi cahaya [USA26]	Sebagai referensi penggunaan pendeteksian di berbagai kondisi cahaya.
3.	Filantropi Yusuf Aji Cahyono, Raden Arief Setiawan, Angger Abdul Razak	Penelitian ini berhasil membangun sistem penghitung kendaraan secara real-time menggunakan YOLOv8 dengan akurasi perhitungan sebesar 96,875% dan kecepatan proses 37.82 FPS [FIL26]	Sebagai acuan perancangan logika penghitung, penggunaan model YOLOv8, dan hasil evaluasi akurasi perhitungan
4.	Muhammad Riesky Pratama , Dewi Laksmiati	Penelitian ini berhasil melakukan pendeteksian burung secara real-time menggunakan ESP32CAM dengan YOLOv8 pada kondisi posisi burung dan pencahayaan lingkungan yang bervariasi [MRI25]	Sebagai referensi penggunaan ESP32CAM sebagai input kamera untuk pendeteksian sebuah objek

Salah satu penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dalam penelitiannya bisa mendeteksi dan menghitung 2 objek dengan akurasi 73,6% di kecepatan 43 RPM menggunakan YOLOv4. Keterbatasan performa dan kecepatan operasional tersebut penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengimplementasikan arsitektur YOLOv8 yang diintegrasikan dengan kontrol IoT untuk menghasilkan sistem penghitung botol otomatis yang memiliki presisi tinggi, tahan terhadap distorsi cahaya, dan andal pada kecepatan operasional yang lebih tinggi.

BAB 3

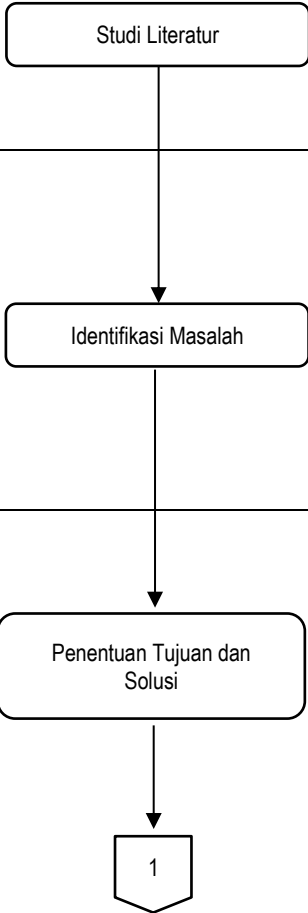
SKEMA PENELITIAN

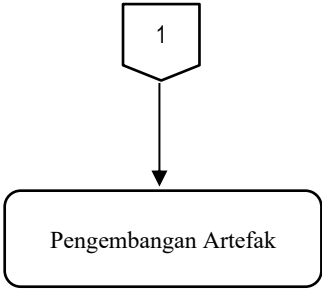
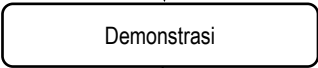
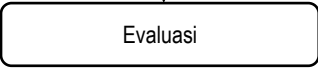
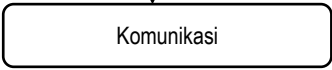
Bab ini menjelaskan alur pelaksanaan penelitian mulai dari identifikasi masalah, dan pemilihan solusi. Pembahasan pada bab ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis.

3.1. Alur Penelitian

Alur penyelesaian tugas akhir ini dilakukan berdasarkan diagram alur penyelesaian. Berikut ini merupakan alur penyelesaian tugas akhir:

Tabel 3.1 Alur Penelitian

Tahap	Langkah Penelitian	Literatur Penelitian
Tahap 1: Studi Literatur Hasil: Pemahaman terkait yang mendukung pengembangan artefak. Kontribusi: Sebagai landasan dalam penelitian ini.	 <pre> graph TD A[Studi Literatur] --> B[Identifikasi Masalah] B --> C[Penentuan Tujuan dan Solusi] C --> D{1} </pre>	[BER25] [BER26] [SAK22]
Tahap 2: Mengidentifikasi masalah dan Tujuan Hasil: Permasalahan pada proses penghitungan barang pada <i>konveyor</i>. Kontribusi: Mengetahui permasalahan dan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan.		[SUG13]
Tahap 3: Penentuan Tujuan Solusi Hasil: Tujuan dan solusi penelitian berupa sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision. Kontribusi: Menentukan solusi yang sesuai dengan permasalahan penelitian.		[BRH20] [PEF07] [YUD25]

Tahap	Langkah Penelitian	Literatur Penelitian
Tahap 4: Pengembangan Artefak Hasil: Sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision. Kontribusi: Menghasilkan sistem yang mampu mendeteksi dan menghitung objek secara otomatis.	 <pre> graph TD 1{{1}} --> A[Pengembangan Artefak] </pre>	[BRH20] [PEF07] [YUD25]
Tahap 5: Demonstrasi Hasil: Sistem mampu melakukan deteksi dan penghitungan objek pada konveyor. Kontribusi: Membuktikan bahwa sistem dapat berjalan sesuai tujuan penelitian.	 <pre> graph TD A[Pengembangan Artefak] --> B[Demonstrasi] </pre>	[BRH20] [PEF07] [YUD25]
Tahap 6: Evaluasi Hasil: Nilai performa sistem berdasarkan hasil pengujian. Kontribusi: Mengetahui tingkat akurasi dan performa sistem yang dikembangkan.	 <pre> graph TD B[Demonstrasi] --> C[Evaluasi] </pre>	[BRH20] [PEF07] [YUD25]
Tahap 7: Komunikasi Hasil: Dokumentasi dan laporan tugas akhir. Kontribusi: Menyampaikan hasil penelitian dan pengembangan sistem.	 <pre> graph TD C[Evaluasi] --> D[Komunikasi] </pre>	[BRH20] [PEF07] [YUD25]

3.2. Peralatan Yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan untuk melakukan pengolahan data pada penelitian ini, baik perangkat keras maupun perangkat lunak adalah sebagai berikut:

a. Perangkat Keras

- Laptop
- Memori 8GB
- Prosesor Intel Core 5 210H
- GPU NVIDIA GeForce RTX 3050 6GB

b. Perangkat Lunak

- Roboflow

Roboflow adalah kerangka kerja pengembang *computer vision* untuk pengumpulan data yang lebih baik hingga prapemrosesan, dan teknik pelatihan model. Dengan menggunakan Roboflow dapat membagikan dataset sekaligus memproses dataset tersebut melakukan *annotate* atau menandai objek yang akan di deteksi menggunakan *bounding box*, selain itu dapat digunakan juga *pre-processing* pada dataset misalnya melakukan *grayscale*, dan juga augmentasi dengan menggunakan Roboflow. Untuk melakukan pengujian deteksi objek diperlukan sebuah dataset pada tahap akuisisi data (pengumpulan data). [JUL23]

- Visual Studio Code

Visual Studio Code, adalah editor kode sumber yang dikembangkan oleh Microsoft dan telah menjadi salah satu alat paling populer di kalangan pengembang perangkat lunak. Diperkenalkan pertama kali pada tahun 2015, VS Code menawarkan berbagai fitur yang membantu pengembang menulis, mengedit, dan mengelola kode dengan lebih efisien. [UPI25]

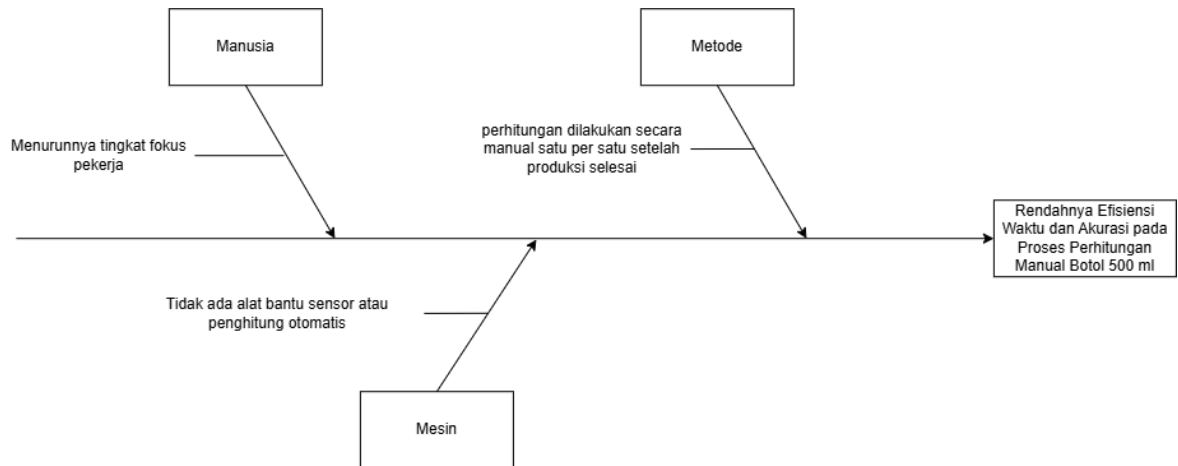
- Python

Python merupakan bahasa pemrograman komputer yang biasa dipakai untuk membangun situs, software/aplikasi, mengotomatiskan tugas dan melakukan analisis data. Bahasa pemrograman ini termasuk bahasa tujuan umum. Artinya, ia bisa digunakan untuk membuat berbagai program berbeda, bukan khusus untuk masalah tertentu saja. [DIC23]

3.3. Perumusan Masalah

Pada sub-bab ini, dilakukan analisis mendalam mengenai batasan teknis dan kendala operasional yang dihadapi oleh Tropic Juice. Identifikasi ini menjadi landasan penting dalam merumuskan urgensi dari pengembangan sistem usulan yang baru.

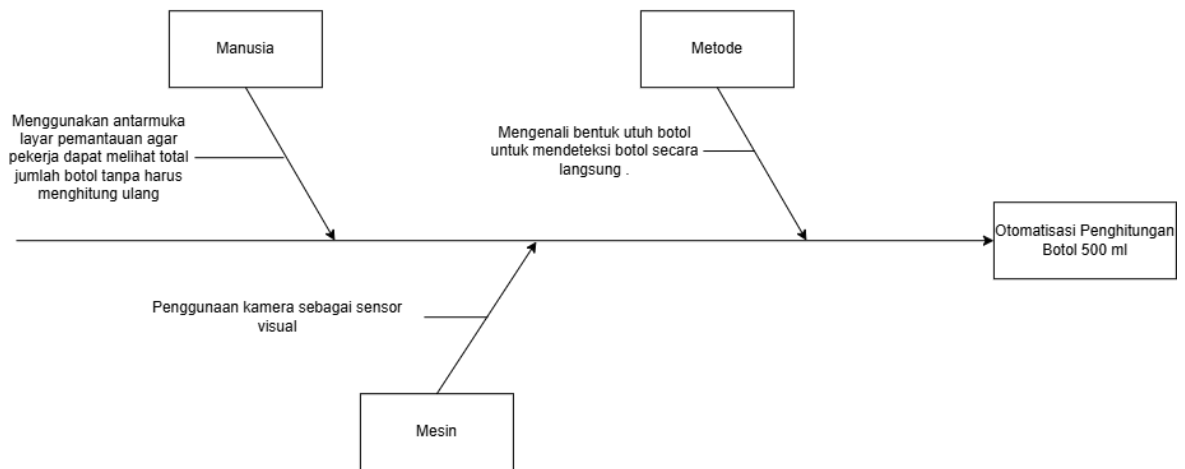
3.3.1. Analisis Sebab Akibat



Gambar 3.1 Fishbone Masalah

1. Manusia: Menurunnya tingkat fokus pekerja Ketergantungan penuh pada tenaga manusia untuk menghitung barang dalam jumlah banyak sering kali memicu kelelahan fisik dan mental. Penurunan tingkat konsentrasi pekerja saat jam sibuk menjadi penyebab utama terjadinya *human error* (kesalahan manusia), sehingga perhitungan jumlah botol menjadi tidak akurat.
2. Metode: Perhitungan dilakukan secara manual satu per satu setelah produksi selesai dinilai kurang efektif karena proses rekapitulasi baru dilakukan setelah seluruh produk selesai dibuat dan ditumpuk. Metode ini memperbesar kemungkinan adanya botol yang terlewat dari perhitungan dan menyebabkan penggunaan waktu menjadi sangat tidak efisien, mengingat produk jus tersebut harus segera dikirimkan kepada konsumen..
3. Mesin: Tidak ada alat bantu sensor atau penghitung otomatis Ketiadaan fasilitas pendukung atau teknologi otomasi memaksa pekerja untuk hanya mengandalkan pengamatan visual murni secara manual. Tidak adanya mesin atau alat penghitung membuat proses pendataan produksi berjalan sangat lambat dan rentan terhadap ketidakteelitian.

3.3.2. Solusi Masalah



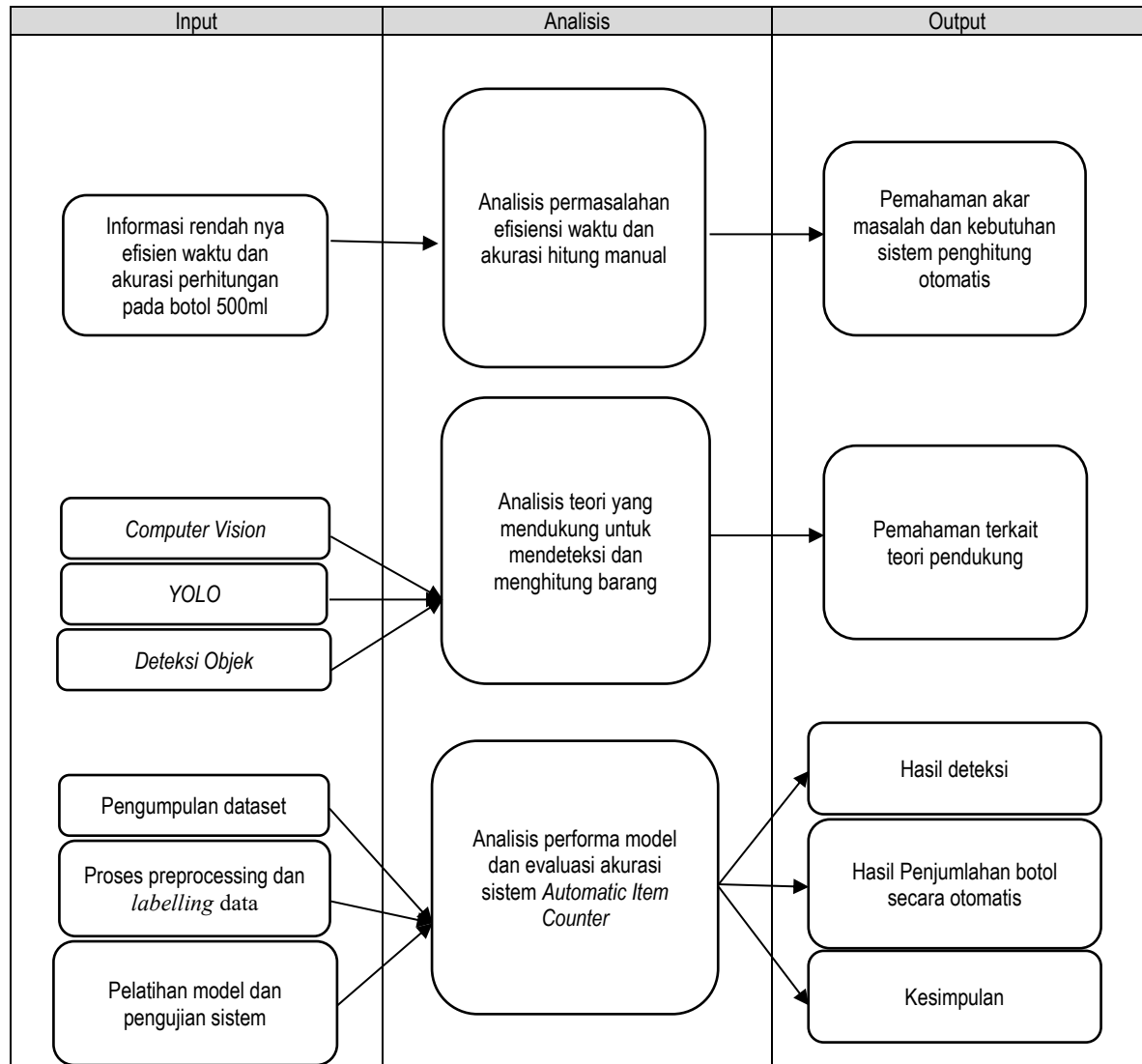
Gambar 3.2 Fishbone Solusi

1. Manusia: Menggunakan antarmuka layar pemantauan agar pekerja dapat melihat total jumlah botol tanpa harus menghitung ulang. Beban kerja pekerja akan dikurangi secara signifikan. Pekerja tidak perlu lagi melakukan perhitungan manual secara berulang, melainkan hanya perlu memantau dashboard antarmuka sistem yang menampilkan informasi hitungan angka secara real-time..
2. Metode: Sistem merubah alur kerja dari yang awalnya dihitung di akhir produksi menjadi dihitung secara paralel saat barang melintas. Dengan memanfaatkan sistem yang dirancang untuk memproses pengenalan bentuk utuh botol secara langsung, memastikan tidak ada objek yang terlewat dan meminimalkan risiko selisih data..
3. Mesin: Sebagai solusi atas ketiadaan alat bantu, kamera diimplementasikan sebagai perangkat keras utama. Kamera ini berfungsi menggantikan mata manusia, memberikan masukan data visual.

3.3.3. Analisis Teori

Sebagai landasan ilmiah dalam mengatasi akar permasalahan yang telah dipetakan pada sub-bab sebelumnya, dilakukan analisis teori untuk digunakan oleh peneliti selama penelitian. Skema analisis teori tersebut menampilkan informasi yang dibutuhkan untuk analisis serta hasil dari analisis tersebut.

Tabel 3.2 Analisis Teori



3.4. Graphical Abstract

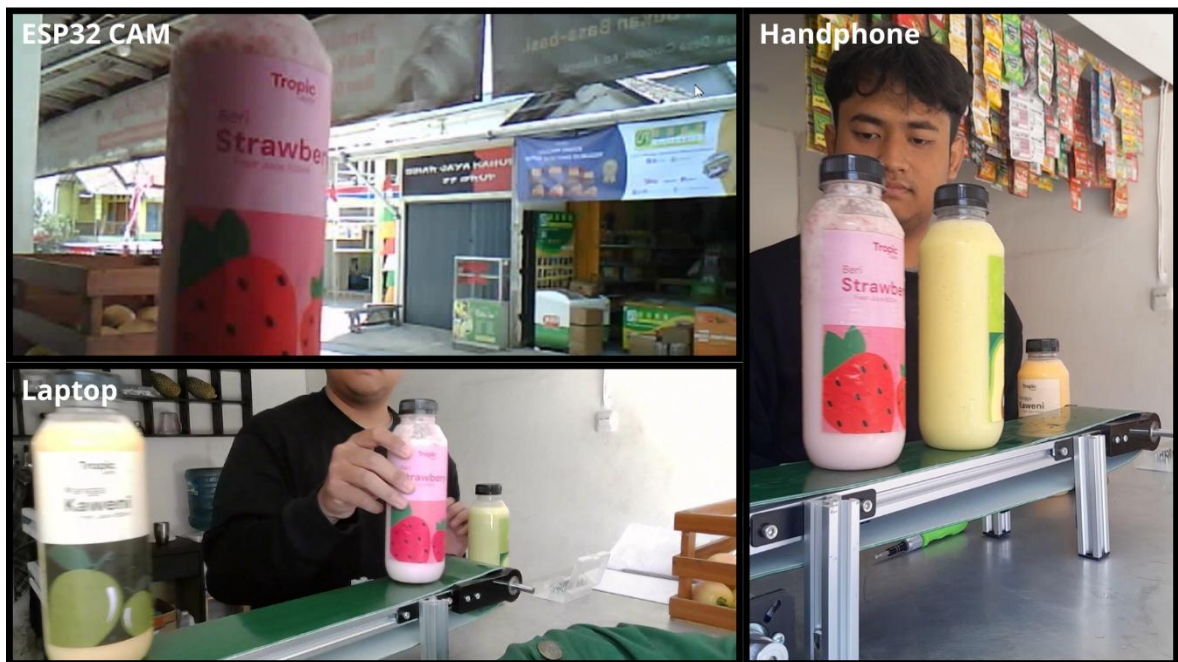


Gambar 3.3 Graphical Abstract

Sistem Automatic Item Counter berbasis Computer Vision yang dirancang untuk mengatasi permasalahan efisiensi waktu serta meminimalkan risiko kesalahan manusia (human error) pada proses penghitungan produk pascaproduksi. Sistem ini mengintegrasikan empat tahapan utama, diawali dengan akuisisi citra secara real-time menggunakan kamera yang ditempatkan pada jalur konveyor. Citra masukan tersebut kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 untuk mengekstraksi fitur-fitur geometri botol seperti garis tepi, kontur leher, hingga bentuk badan botol sehingga keberadaan objek dapat terdeteksi secara akurat yang ditandai dengan pembentukan bounding box. Selanjutnya, proses akumulasi jumlah botol dilakukan dengan menerapkan mekanisme garis virtual (virtual line). Seluruh rangkaian proses deteksi dan penghitungan ini terintegrasi secara langsung dengan antarmuka berbasis website, yang berfungsi sebagai sarana pemantauan data produksi secara real-time sekaligus media pengontrolan operasional mesin konveyor.

3.5. Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Tropic, sebuah UMKM yang menjual berbagai jus didirikan, berlokasi di Jl. Cibodas - Bukit Tunggul, Cibodas, Kec. Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 4039. Objek pada penelitian ini adalah kemasan produk Tropic Juice yang dibatasi lingkungannya hanya pada pendeteksian dan perhitungan botol berukuran 500 ml. Data video yang digunakan sebagai dataset pada penelitian ini dikumpulkan secara langsung menggunakan 3 kamera yaitu, ESP32 CAM, kamera laptop, dan kamera handphone.



Gambar 3.4 Objek Penelitian

Gambar-gambar kemasan botol ini nantinya akan melalui tahap preprocessing dan diberikan label yang berfokus pada bentuk dan dimensi fisik utuh botol 500 ml. Pelabelan ini bertujuan agar

model dapat mendeteksi objek secara akurat saat melintas di atas konveyor, terlepas dari perbedaan warna cairan jus di dalamnya.

Informasi mengenai batasan masalah dan kebutuhan sistem didapatkan melalui hasil wawancara dengan pemilik usaha. Wawancara dilakukan langsung ditempat dengan pemilik Tropic Juice menggunakan wawancara semiterstruktur. Wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data apabila peneliti ingin melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti, dan juga apabila peneliti ingin mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam dan jumlah respondennya sedikit/kecil. Wawancara tidak terstruktur, adalah wawancara yang bebas di mana peneliti tidak menggunakan pedoman wawancara yang telah tersusun secara sistematis dan lengkap untuk pengumpulan datanya. Pedoman wawancara yang digunakan hanya berupa garis-garis besar permasalahan yang akan ditanyakan [SUG13].

BAB 4

PERANCANGAN DAN PELATIHAN

Bab ini berisi mengenai pembangunan beserta dengan pelatihan dan pengujian metode dengan data yang telah dikumpulkan berdasarkan pada kebutuhan yang telah ditentukan.

4.1. Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah dan motivasi dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada proses produksi dan menentukan alasan dilakukannya pengembangan sistem sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut. Identifikasi masalah dilakukan melalui wawancara dengan pihak terkait pada objek penelitian untuk memperoleh informasi mengenai proses produksi, khususnya proses pemindahan dan penghitungan produk.

Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa proses produksi masih melibatkan aktivitas pemindahan dan penghitungan produk secara manual. Proses tersebut dilakukan oleh pegawai selama kegiatan produksi berlangsung, sehingga penghitungan produk masih bergantung pada aktivitas manusia. Kondisi tersebut menjadi permasalahan yang dapat memengaruhi efisiensi proses penghitungan ketika jumlah produk yang diproses bertambah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, motivasi penelitian adalah mengembangkan suatu sistem yang dapat membantu proses penghitungan produk secara otomatis sehingga proses penghitungan tidak sepenuhnya bergantung pada penghitungan manual oleh pegawai. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan konveyor sebagai media pemindahan produk dan computer vision untuk mendeteksi serta menghitung produk yang melewati area penghitungan. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan pada pembangunan sistem Automatic Item Counter yang dapat membantu proses penghitungan produk secara otomatis.

4.2. Penentuan Tujuan dan Solusi

Tahap penentuan tujuan dan solusi dilakukan berdasarkan permasalahan dan motivasi yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini ditentukan tujuan yang ingin dicapai melalui pengembangan artefak, serta solusi yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem Automatic Item Counter pada konveyor yang mampu melakukan proses penghitungan produk secara otomatis. Sistem diharapkan dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap proses penghitungan manual serta memberikan hasil penghitungan berdasarkan objek yang terdeteksi oleh sistem. Untuk mencapai tujuan tersebut, solusi yang dipilih adalah mengintegrasikan konveyor, perangkat pengendali berbasis ESP32, kamera, dan metode computer vision. Kamera digunakan sebagai sumber masukan berupa citra atau video produk yang melewati konveyor. Citra tersebut kemudian diproses menggunakan model YOLO untuk mendeteksi objek produk. Objek yang telah terdeteksi selanjutnya

digunakan dalam proses tracking untuk mengetahui pergerakan objek pada area penghitungan. Penghitungan dilakukan ketika objek melewati garis penghitung yang telah ditentukan pada sistem.

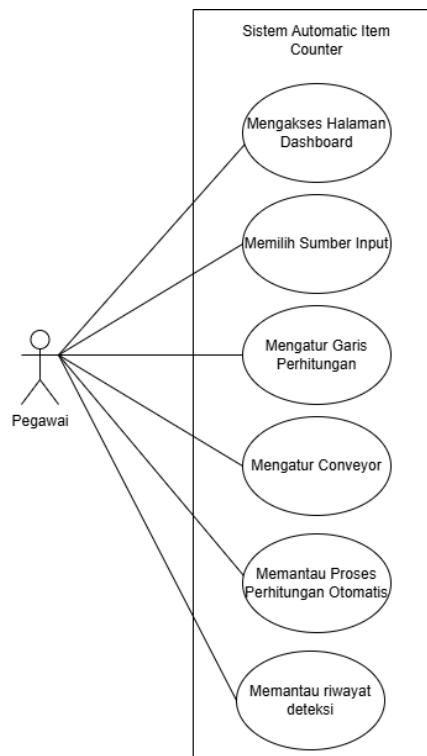
Solusi tersebut kemudian dikembangkan menjadi sebuah artefak berupa sistem Automatic Item Counter yang terdiri dari bagian mekanik konveyor, perangkat elektronik sebagai pengendali, sistem computer vision untuk proses deteksi dan penghitungan, serta dashboard sebagai media pemantauan hasil penghitungan. Penentuan solusi ini menjadi dasar untuk tahap selanjutnya, yaitu desain dan pengembangan artefak.

4.3. Perancangan

Tahap perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan struktur dan alur kerja sistem *Automatic Item Counter* yang akan dikembangkan. Tahap ini pada DSR adalah bagian design yaitu membuat rancangan awal atau blueprint untuk membangun sebuah artefak, ini adalah langkah awal sebelum membangun sebuah artefak. Perancangan ini digunakan sebagai solusi dan pengembangan artefak dari permasalahan sensor yang dijelaskan sebelumnya. Pada tahap ini digunakan beberapa diagram perancangan untuk memodelkan interaksi pengguna dengan sistem serta alur proses yang terjadi selama proses deteksi dan penghitungan objek pada konveyor.

4.1.1. Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem Automatic Item Counter. Diagram ini menunjukkan fungsi-fungsi utama yang dapat dijalankan oleh pengguna serta layanan yang disediakan oleh sistem.



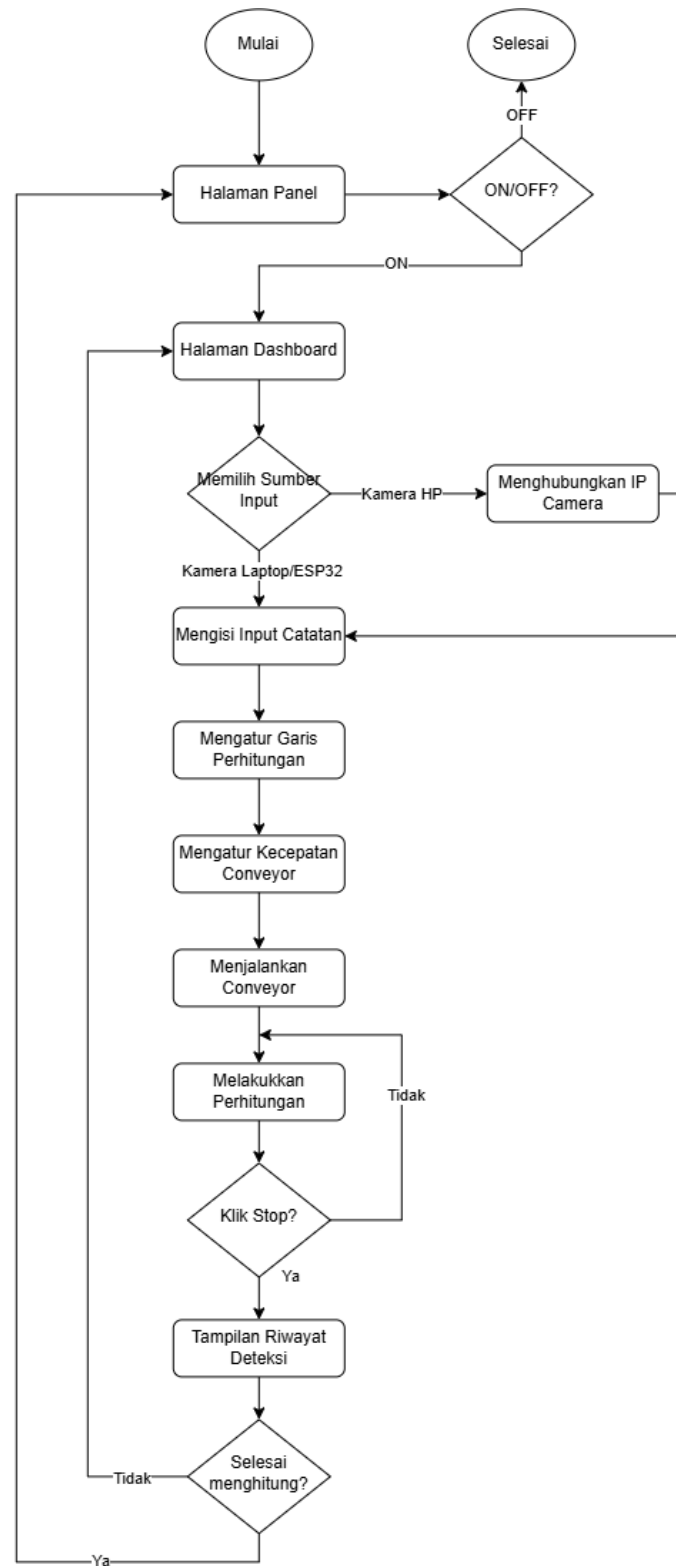
Gambar 4.1 Use Case Diagram

Penjelasan Use Case:

1. Pegawai: merupakan pengguna yang berinteraksi langsung dengan sistem untuk memilih sumber input, mengatur garis perhitungan, serta memantau hasil deteksi dan penghitungan botol pada konveyor.
2. Mengakses Halaman Dashboard: Proses di mana Pegawai membuka dan memuat antarmuka grafis utama aplikasi melalui web browser. *Use case* ini merupakan gerbang awal yang harus dilewati sebelum Pegawai dapat mengaktifkan fungsi deteksi kecerdasan buatan pada sistem.
3. Memilih Sumber *Input*: Fungsionalitas yang memungkinkan Pegawai untuk memilih metode akuisisi data visual yang akan diproses. Pegawai dapat menentukan apakah *input* berasal dari aliran kamera langsung.
4. Mengatur Garis Perhitungan (ROI): Proses di mana Pegawai melakukan konfigurasi interaktif pada layar monitor untuk menarik atau menempatkan sebuah garis batas virtual (Region of Interest). Garis ini bertindak sebagai pemicu, di mana logika algoritma pelacakan akan menambah nilai akumulasi hitungan (+1) setiap kali pusat koordinat *centroid* dari *bounding box* botol memotong garis tersebut.
5. Memantau Proses Perhitungan Otomatis: Fungsionalitas utama sistem yang menyajikan visualisasi *real-time* kepada Pegawai. Pada tahap ini, Pegawai dapat memantau jalannya pemrosesan citra digital, melihat kotak deteksi (*bounding box*) yang mengunci setiap botol, serta melihat angka total produk yang berhasil dihitung secara otomatis oleh sistem.
6. Memantau Riwayat Deteksi: Pegawai dapat memantau riwayat hasil dari pendeteksian sebelumnya dilakukan, pegawai juga dapat mengubah catatan dan mengunduh riwayat deteksi sebagai laporan jumlah total yang diproduksi.

4.1.2. Flowchart

Flowchart digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem Automatic Item Counter secara terstruktur mulai dari proses pemilihan sumber input hingga proses penghitungan objek. Diagram ini memberikan gambaran mengenai tahapan yang dilakukan sistem dalam mendeteksi dan menghitung jumlah botol yang melintas pada konveyor menggunakan teknologi Computer Vision.



Gambar 4.2 Flowchart

Penjelasan Skenario:

1. Skenario Dimulai (Mulai): Aktivitas sistem diawali pada titik "Mulai" ketika operator pertama kali menjalankan program utama aplikasi.
2. Halaman Panel & Status ON/OFF: Sistem memuat "Halaman Panel" utama dan menunggu instruksi. Pada percabangan "ON/OFF?", jika operator memilih "OFF", maka program langsung

- dihentikan dan menuju titik "Selesai". Jika operator memilih "ON", alur diteruskan.
3. Menampilkan Halaman Dashboard: Setelah status aktif (ON), sistem akan memuat dan menampilkan antarmuka "Halaman Dashboard" sebagai pusat kendali.
 4. Memilih Sumber Input: Operator dihadapkan pada percabangan untuk menentukan sumber akuisisi data visual.
 5. Jika operator memilih opsi "Kamera HP", sistem akan menjalankan proses "Menghubungkan IP Camera" terlebih dahulu sebelum melanjutkan alur.
 6. Jika operator memilih opsi "Kamera Laptop/ESP32", alur akan langsung diteruskan ke tahap pengisian catatan tanpa perlu menghubungkan IP.
 7. Mengisi Input Catatan: Setelah sumber kamera dikonfigurasi, operator diwajibkan untuk mengisi catatan sesi produksi ke dalam sistem.
 8. Mengatur Garis Perhitungan: Operator melakukan konfigurasi pada layar monitor dengan menentukan koordinat atau posisi garis batas perhitungan yang berfungsi sebagai pemicu hitungan objek.
 9. Mengatur Kecepatan Konveyor: Operator mengatur tingkat kecepatan pergerakan motor perangkat keras konveyor melalui antarmuka sistem.
 10. Menjalankan Konveyor: Setelah pengaturan selesai, operator memberikan perintah eksekusi untuk mulai menjalankan pergerakan sabuk konveyor secara fisik.
 11. Melakukan Perhitungan: Modul kecerdasan buatan aktif untuk mendeteksi, melacak pergerakan objek, dan melakukan perhitungan secara real-time setiap kali objek melewati garis batas.
 12. Validasi Klik Stop (Perulangan): Sistem secara terus-menerus memeriksa kondisi percabangan "Klik Stop?". Selama operator belum menekan tombol stop, alur akan terus berputar secara kontinu ke tahap "Melakukan Perhitungan". Jika tombol stop ditekan, perhitungan dihentikan dan alur diteruskan.
 13. Tampilan Riwayat Deteksi: Setelah proses dihentikan, sistem merekapitulasi data dan menyajikan hasil akhir perhitungan tersebut pada "Tampilan Riwayat Deteksi" dibawah halaman dashboard.
 14. Validasi Selesai Menghitung: Pada tahap akhir, terdapat percabangan "Selesai menghitung?".
 15. Jika operator belum selesai dan ingin mendata ulang (kondisi "Tidak"), alur sistem akan dikembalikan ke "Halaman Dashboard" untuk memulai pengaturan sesi yang baru.
 16. Jika seluruh operasional telah selesai (kondisi "Ya"), alur akan dikembalikan ke "Halaman Panel" awal. Dari halaman ini, operator dapat kembali memilih "OFF" untuk mematikan aplikasi dan mencapai titik Selesai.

4.1.3. Rancangan Antarmuka Pengguna

Prototype sistem dirancang untuk memberikan gambaran awal mengenai implementasi antarmuka pengguna (user interface) pada sistem Automatic Item Counter. Perancangan prototype dilakukan berdasarkan kebutuhan pengguna dalam memantau proses deteksi dan penghitungan

barang secara real-time. Antarmuka dirancang dengan prinsip kemudahan penggunaan (usability) sehingga operator dapat melakukan konfigurasi sumber video, pengaturan garis perhitungan, pemantauan jumlah barang, serta melihat riwayat hasil perhitungan melalui satu halaman sistem yang terintegrasi.

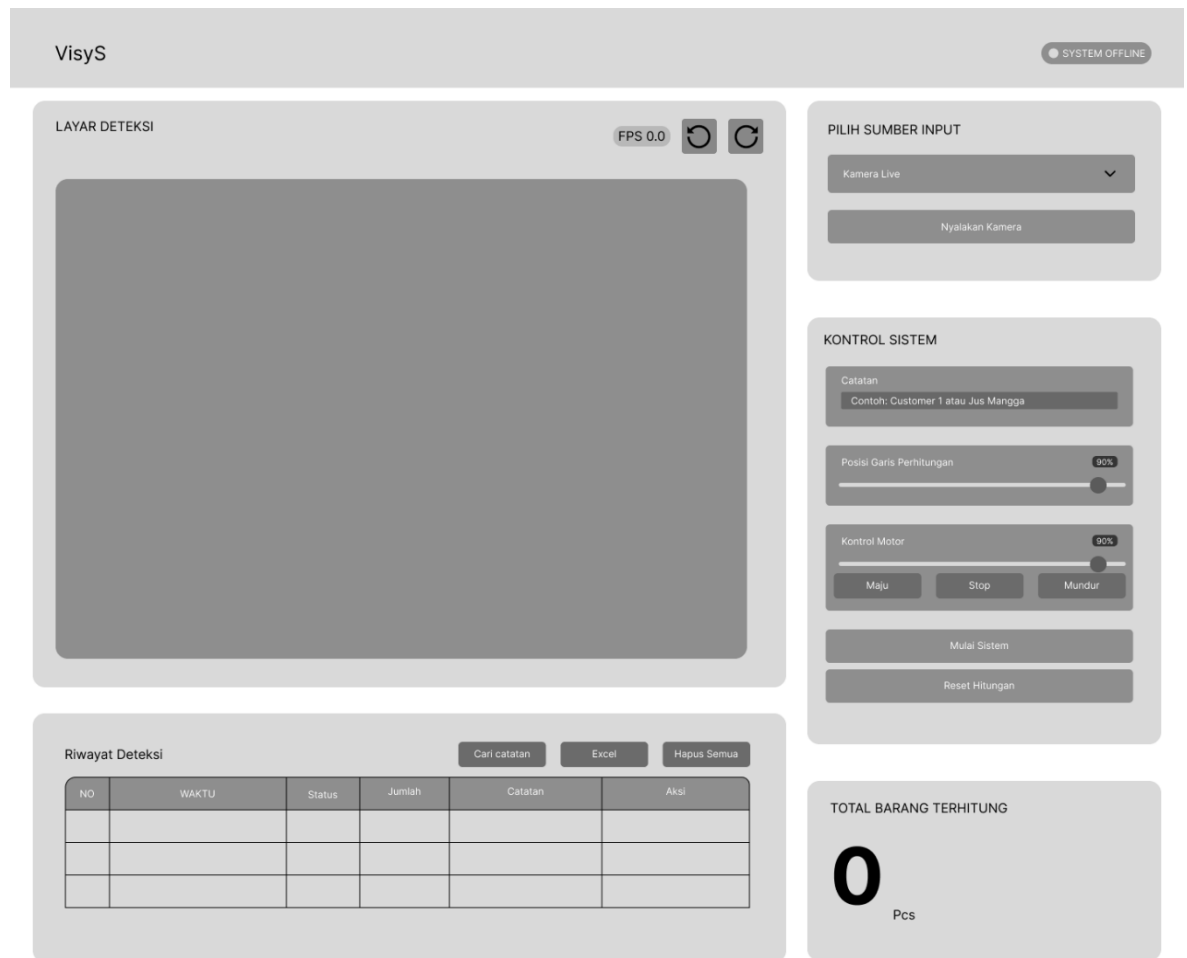
Perancangan prototype ini juga merupakan bagian dari tahap Design and Development pada metode Design Science Research (DSR), yaitu menerjemahkan kebutuhan pengguna menjadi bentuk rancangan sistem yang dapat diimplementasikan pada tahap pengembangan berikutnya. Dari sisi arsitektur, pendekatan website sesuai dengan karakteristik sistem yang menggunakan backend untuk menjalankan proses Computer Vision. Beban komputasi untuk inferensi YOLOv8 dan pemrosesan frame dapat tetap dilakukan pada komputer yang menjalankan backend, sedangkan perangkat pengguna hanya membutuhkan browser untuk menerima dan menampilkan hasilnya. Hal ini lebih sesuai dengan rancangan penelitian karena proses deteksi tidak bergantung pada kemampuan komputasi perangkat pengguna.

4.1.3.1. Low Fidelity

Low Fidelity Prototype adalah representasi dasar dan sederhana dari suatu produk atau desain. [DAP23]. Tahapan ini bertujuan untuk memetakan ide secara cepat tanpa terdistraksi oleh elemen estetika. Fokus utama pada tahap ini adalah menentukan di mana letak komponen-komponen penting berada dan bagaimana sistem akan bekerja.

Berikut adalah Perancangan Antarmuka pengguna:

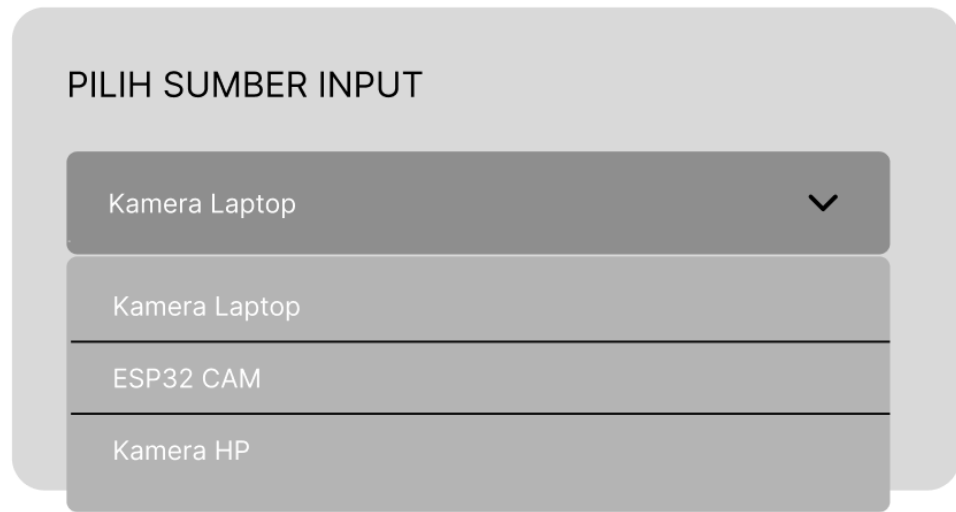
1. Tampilan dashboard



Gambar 4.3 Prototype Dashboard

Tampilan ini adalah halaman utama sistem. Semua fitur penting seperti layar video, menu pengaturan, dan informasi jumlah barang dijadikan satu di halaman ini. Halaman dashboard dirancang sebagai pusat pengendalian sistem yang mengintegrasikan fitur deteksi, konfigurasi, dan pemantauan hasil perhitungan dalam satu antarmuka.

2. Tampilan Memilih Input



Gambar 4.4 Prototype Opsi Sumber Input

Bagian ini berfungsi untuk memilih dari mana asal sumber video yang akan dideteksi oleh sistem. Pengguna bisa memilih "ESP32 CAM" jika ingin mendeteksi objek secara langsung dari modul kamera yang terpasang pada jalur konveyor. Selain itu, ada juga pilihan "Kamera Laptop" jika pengguna ingin melakukan pengujian sistem secara lokal di perangkat komputer. Sistem juga menyediakan opsi "Kamera HP" sebagai alternatif kamera eksternal.

3. Tampilan Mengatur Garis Deteksi dan Memulai Perhitungan

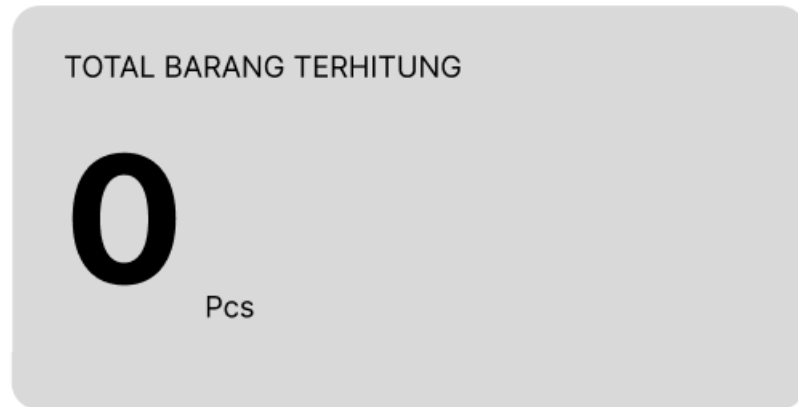


Gambar 4.5 Prototype Kontrol Sistem

Bagian ini berfungsi sebagai panel kendali utama untuk mengoperasikan keseluruhan sistem deteksi dan perangkat keras konveyor. Pada bagian Catatan, pengguna dapat memberikan label atau keterangan tambahan, seperti nama pelanggan atau jenis barang (misalnya 'Jus Mangga'), agar data hasil perhitungan lebih mudah diidentifikasi. Selanjutnya, terdapat pengatur Posisi Garis Perhitungan yang berfungsi untuk menyesuaikan tata letak garis virtual pada layar kamera; pengguna dapat menggesernya agar objek terhitung tepat saat melewati titik tertentu di jalur konveyor.

Antarmuka ini juga dilengkapi dengan Kontrol Motor yang memungkinkan pengguna mengatur kecepatan pergerakan konveyor serta menentukan arahnya melalui tombol 'Maju', 'Mundur', atau menghentikannya dengan tombol 'Stop'. Terakhir, sistem menyediakan tombol Mulai Sistem untuk mengeksekusi program deteksi objek secara langsung, dan tombol Reset Hitungan untuk mengembalikan angka perhitungan ke angka nol sebelum memulai sesi perhitungan yang baru.

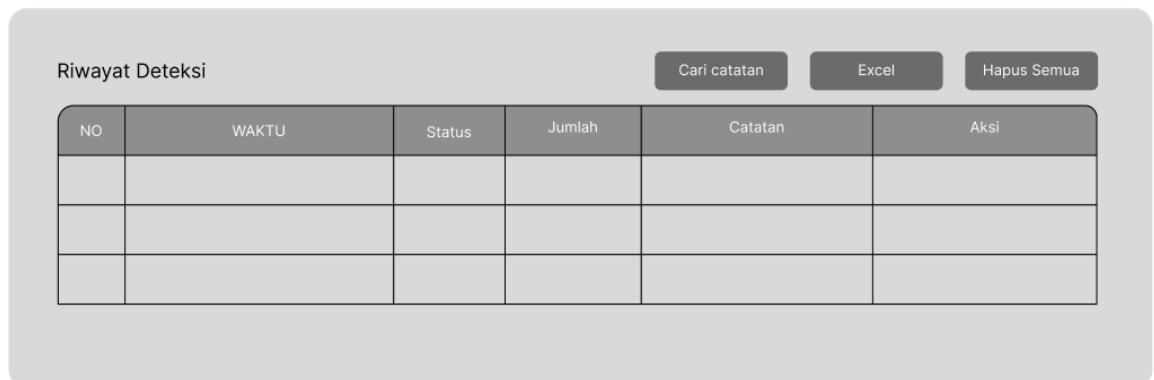
4. Tampilan untuk memantau perhitungan



Gambar 4.6 Prototype Tampilan Total Barang Terhitung

Tampilan "Total Barang Terhitung" berfungsi untuk menunjukkan jumlah barang yang berhasil dideteksi. Ukuran teks dirancang lebih besar untuk meningkatkan keterbacaan informasi oleh operator. Angka ini akan otomatis bertambah setiap kali ada barang yang berhasil melewati garis.

5. Tampilan Riwayat Deteksi

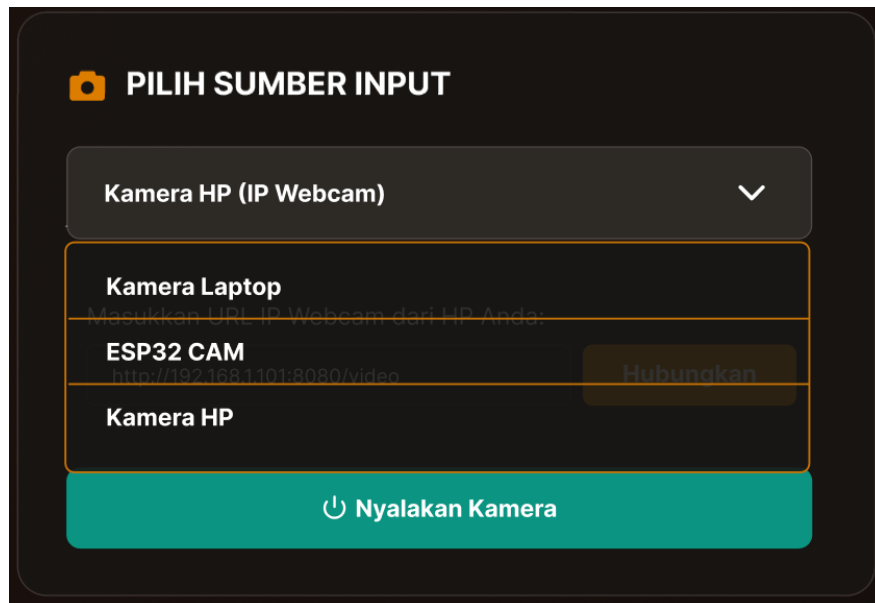


Gambar 4.7 Prototype Riwayat Deteksi

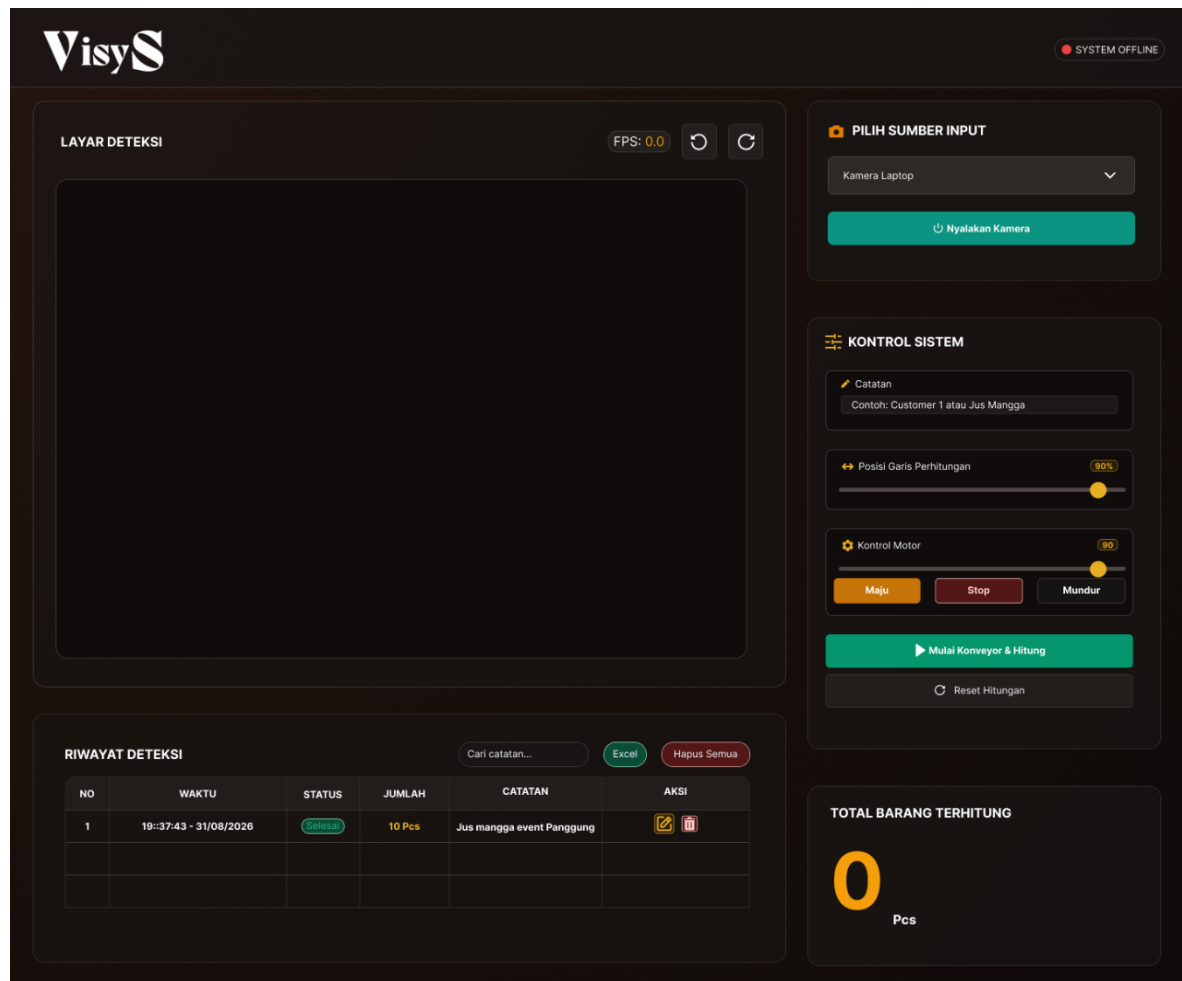
Bagian ini berfungsi untuk merekam dan menampilkan riwayat data dari proses perhitungan objek yang telah dilakukan oleh sistem. Antarmuka 'Riwayat Deteksi' menyajikan informasi secara terstruktur dalam bentuk tabel, yang mencakup nomor urut, waktu pencatatan, status, jumlah barang yang berhasil terhitung, catatan spesifik dari pengguna, serta kolom aksi untuk mengelola baris data tersebut. Untuk memudahkan pengelolaan laporan, bagian ini juga dilengkapi dengan fitur 'Cari catatan' untuk memfilter data tertentu, tombol 'Excel' yang berfungsi untuk mengeksport data riwayat ke dalam format spreadsheet sebagai bahan pelaporan, serta tombol 'Hapus Semua' untuk mengosongkan seluruh pangkalan data riwayat.

4.1.3.2. High Fidelity

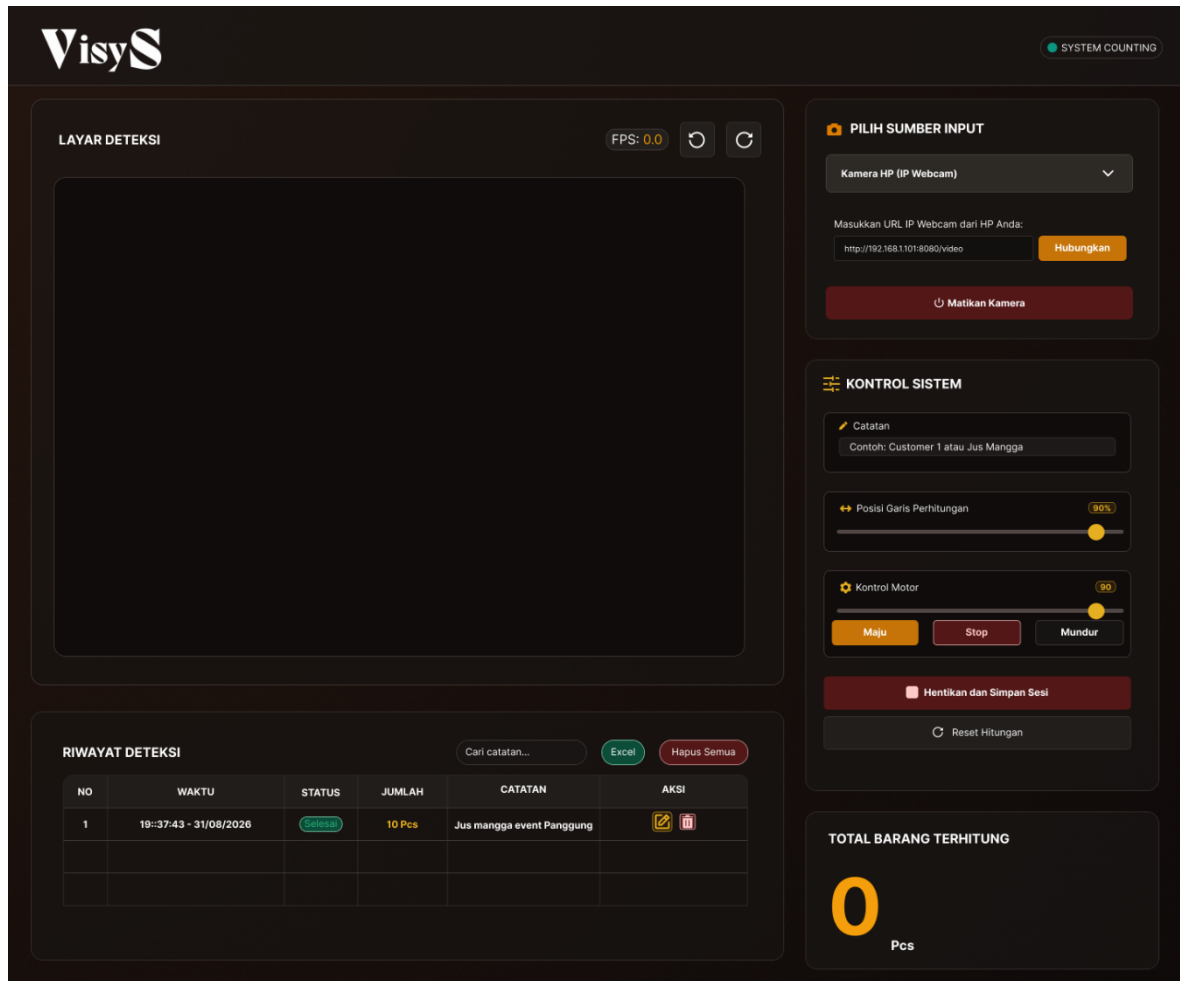
High Fidelity Prototype biasanya digunakan dalam tahap pengujian lanjutan atau validasi desain, di mana mereka memberikan gambaran yang lebih akurat tentang cara user berinteraksi dengan produk atau antarmuka yang sebenarnya [DAP23]. Rancangan high-fidelity adalah representasi visual tingkat tinggi yang sudah sangat mendetail dan menyerupai bentuk asli dari produk atau sistem yang akan dikembangkan. Tahap ini merupakan penyempurnaan dari kerangka dasar (low-fidelity) dengan memasukkan seluruh elemen desain UI/UX.



Gambar 4.8 High Fidelity Opsi Input Kamera



Gambar 4.9 Tampilan High Fidelity Dashboard



Gambar 4.10 Tampilan High Fidelity Dashboard System On

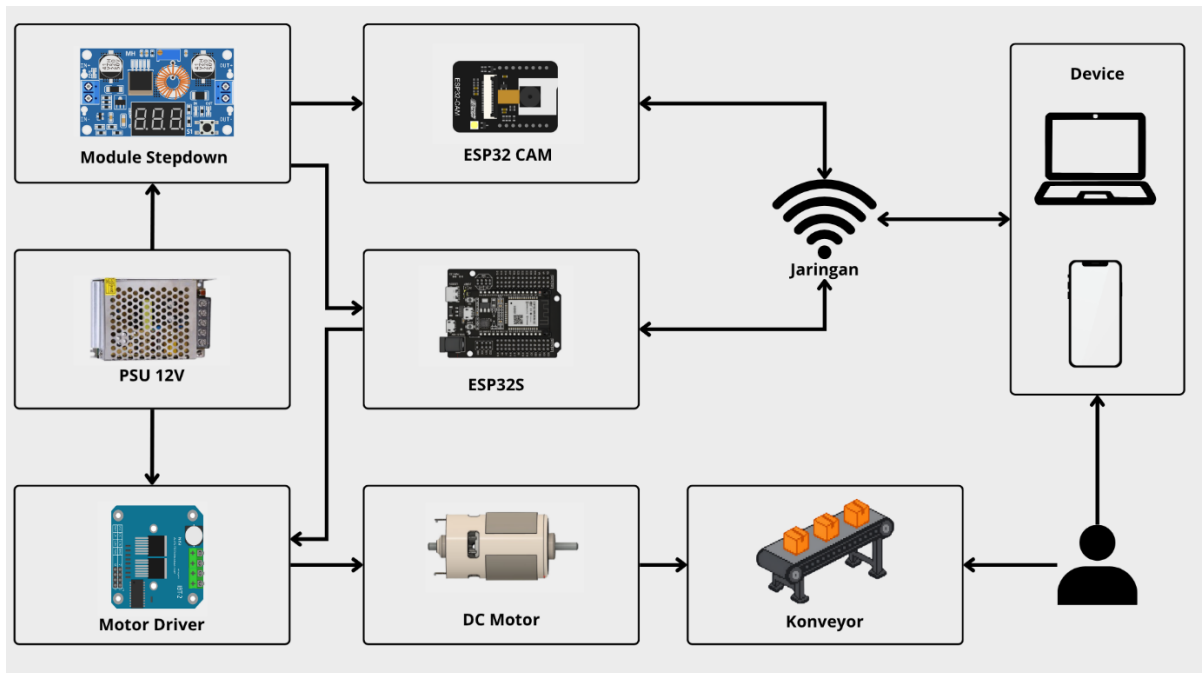
4.1.4. Rancangan IoT Conveyor

Bagian ini membahas perancangan perangkat keras serta sistem Internet of Things (IoT) dan konveyor fisik berukuran kecil untuk membantu pemindahan botol saat produksi, alasan dibuatnya konveyor ini adalah karena Tropic Juice tidak memiliki alat pemindahan barang seperti konveyor.

4.1.4.1. Arsitektur Komponen Elektronik

Komponen-komponen yang dirancang meliputi penyedia daya (power supply), microcontroller, modul sensor visual, hingga penggerak mekanik (motor DC). Pemilihan dan perangkaian komponen ini disesuaikan dengan kebutuhan beban untuk memindahkan botol produksi secara stabil dan terintegrasi dengan sistem IoT. Perancangan fisik konveyor ini adalah sebagai

berikut:



Gambar 4.11 Arsitektur Komponen IOT

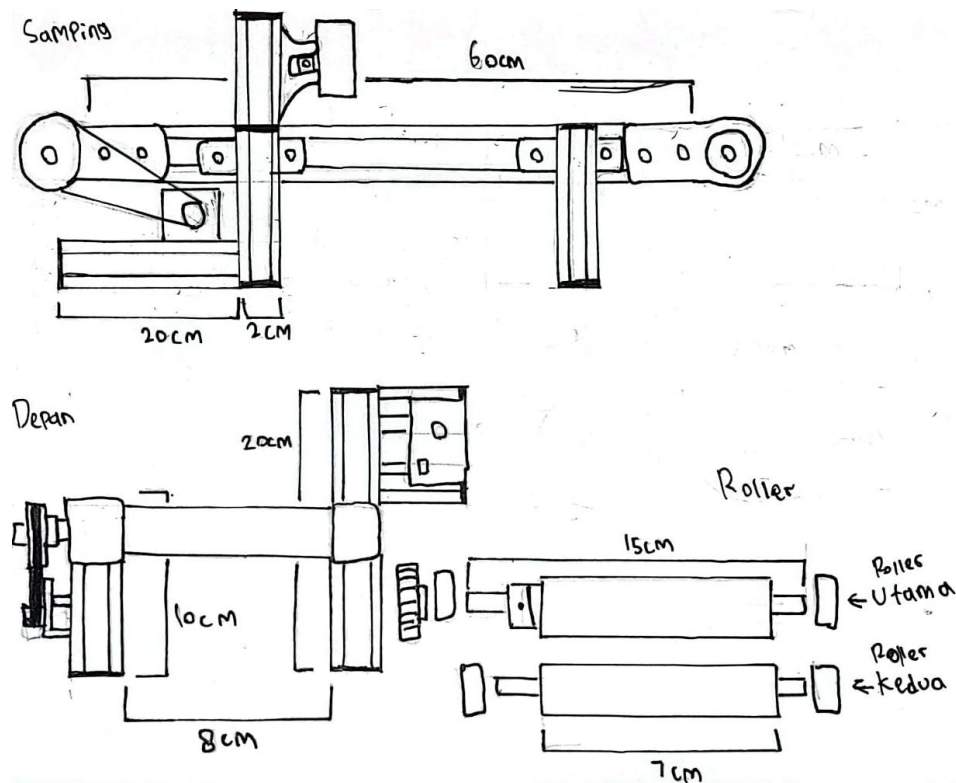
Workflow pada sistem ini menjadi 3 bagian yaitu:

1. Alur Distribusi Daya: Sumber daya terpusat berasal dari PSU 12V. Daya sebesar 12V ini didistribusikan melalui dua percabangan utama. Cabang pertama langsung menuju Motor Driver untuk memenuhi kebutuhan arus tinggi pada aktuator motor. Cabang kedua menuju Module Stepdown, yang bertugas menurunkan dan menstabilkan tegangan (menjadi 5V) sebelum disalurkan secara aman ke mikrokontroler ESP32 CAM dan ESP32S.
2. Alur Kendali dan Mekanik: ESP32S bertindak sebagai otak pengendali pergerakan. Ia mengirimkan sinyal kendali logika ke Motor Driver. Berdasarkan sinyal tersebut, Motor Driver akan mengatur suplai daya 12V untuk menggerakkan DC Motor. Putaran mekanik dari motor inilah yang kemudian menggerakkan sabuk Konveyor tempat objek diletakkan.
3. Alur Data dan Komunikasi: Pengambilan data visual dilakukan oleh ESP32 CAM, yang kemudian mengirimkan aliran video (video streaming) melalui Jaringan Wi-Fi lokal. Di saat yang sama, ESP32S juga terhubung ke jaringan yang sama untuk menerima instruksi jarak jauh. User (pengguna) berinteraksi dengan sistem menggunakan Device (Laptop atau Smartphone) untuk memantau video secara real-time sekaligus mengirimkan perintah kendali (seperti mengatur kecepatan atau menghentikan konveyor).

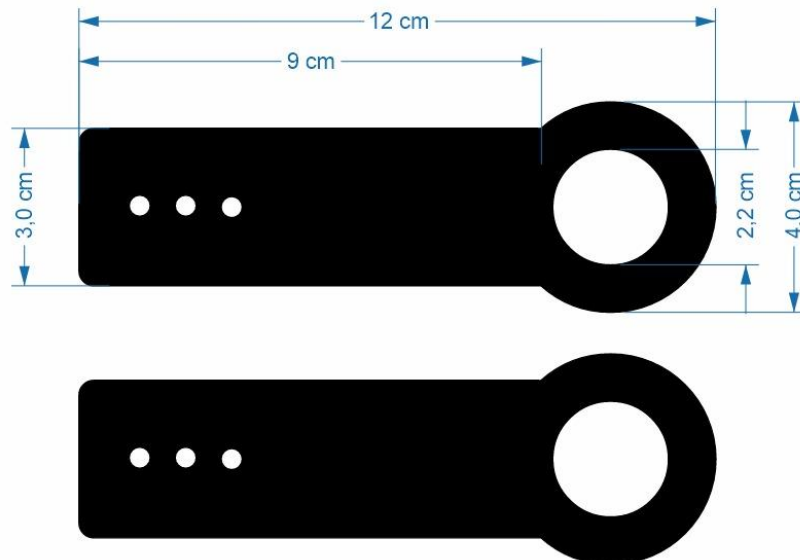
4.1.4.2. Rancangan Konveyor Fisik

Rancangan desain bentuk fisik dan spesifikasi mekanik dari konveyor yang dibangun. Perancangan mencakup penentuan dimensi lintasan utama, tata letak struktur kaki penyangga,

dudukan untuk komponen elektronik, hingga detail mekanisme penggerak roller. Seluruh konstruksi fisik ini dirancang agar dapat memindahkan botol Tropic Juice secara otomatis. Adapun rincian dimensi dan spesifikasi dari perancangan fisik konveyor ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.12 Rancangan Prototype Konveyor Fisik

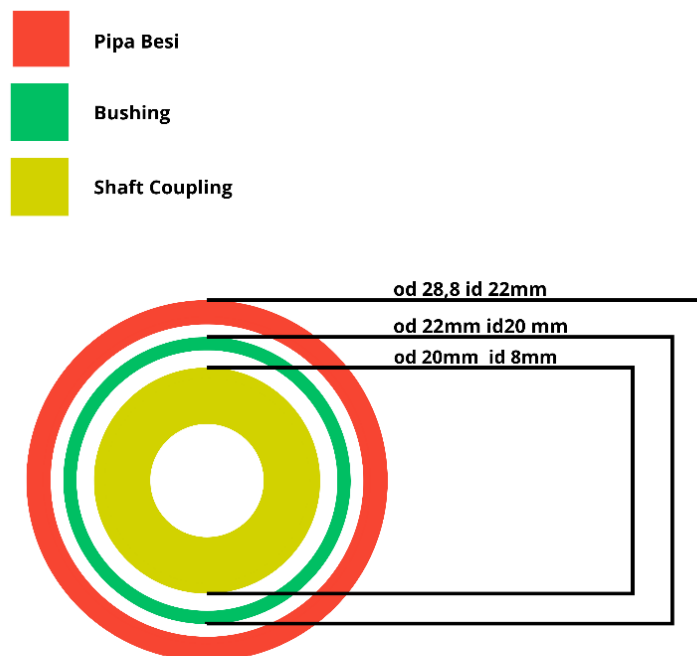


Gambar 4.13 Rancangan Side Profile Konveyor

Perancangan mekanik prototype konveyor ini menggunakan material profil aluminium sebagai struktur utamanya. Rincian spesifikasi dan fungsi dari setiap bagian mekanik adalah sebagai berikut:

1. Jalur lintasan utama menggunakan aluminium profile tipe 2080 dengan panjang 60 cm. Kaki

- penyangga bawah dirancang menggunakan aluminium profile tipe 2020 dengan ketinggian 10 cm dari permukaan dasar guna memberikan pijakan yang stabil.
2. Struktur rangka dilengkapi dengan tiang aluminium vertikal setinggi 20 cm yang difungsikan khusus sebagai penyangga modul ESP32-CAM. Selain itu, terdapat penyangga horizontal yang mengarah ke sisi luar sepanjang 20 cm untuk menopang bracket motor DC.
 3. Side Profile komponen roller dibuat menggunakan pelat akrilik dengan ketebalan 1 cm. Terdapat empat lubang pada side profile ini yang masing-masing diisi dengan bantalan peluru (bearing). Bearing ini berfungsi sebagai penyangga poros as WCS agar dapat berputar dengan stabil dan minim gesekan.
 4. Mekanisme Penggerak menggunakan motor DC tipe 775 sebagai sumber tenaga utama. Putaran motor disalurkan melalui mekanisme sabuk yang menghubungkan pulley berukuran kecil pada motor ke pulley berukuran besar pada poros roller, sehingga menghasilkan torsi tarikan yang lebih kuat.
 5. Fungsi Ganda Roller mengandalkan dua jenis roller dengan fungsi yang berbeda. Roller utama bertindak sebagai penggerak, di mana shaft coupling di bagian dalamnya mengunci poros WCS dan pulley agar putarannya diteruskan langsung untuk memutar badan roller. Sebaliknya, roller kedua hanya dilengkapi dengan bearing di kedua ujungnya, memungkinkannya berputar secara bebas pada poros WCS mengikuti gerakan sabuk konveyor.



Gambar 4.14 Rancangan Roller Utama Sebagai Penggerak

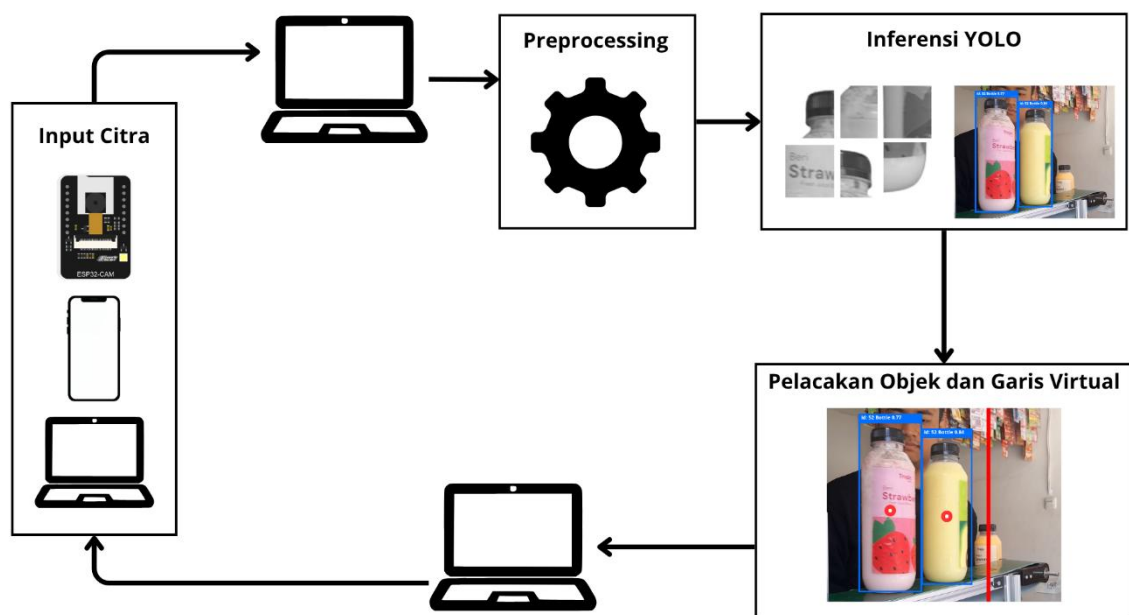
Spesifikasi dan Struktur Internal Roller: Silinder roller memiliki panjang 7 cm dan ditopang oleh poros tipe WCS8 dengan panjang total 15 cm. roller utama didesain secara berlapis dengan susunan

komponen internal sebagai berikut:

1. Lapisan Luar: Menggunakan pipa besi yang memiliki diameter luar (Outer Diameter/OD) 28,8 mm dan diameter dalam (Inner Diameter/ID) 22 mm.
2. Lapisan Tengah: Menggunakan selongsong (Bushing) dengan OD 22 mm dan ID 20 mm, yang berfungsi sebagai adaptor pengisi ruang antara pipa besi dan poros bagian dalam.
3. Lapisan Dalam: Menggunakan Shaft Coupling dengan OD 20 mm dan ID 8 mm yang mengikat erat pada poros WCS.
4. Tambahan: Tiga lubang pada bagian roller juga dilengkapi dengan bearing untuk memaksimalkan kelancaran putaran poros.

4.1.5. Rancangan Computer Vision

Rancangan Computer Vision pada sistem Automatic Item Counter digunakan untuk melakukan proses deteksi, pelacakan, dan penghitungan botol jus secara otomatis. Sistem menerima masukan berupa citra atau video dari beberapa sumber kamera, yaitu ESP32-CAM, kamera smartphone, dan kamera laptop. Data visual dari kamera kemudian diteruskan ke laptop sebagai perangkat yang menjalankan proses Computer Vision. Proses otomatis dimulai ketika sistem menerima masukan berupa video dari kamera. Frame video diproses oleh model YOLO untuk mendeteksi objek yang terdapat pada area pengamatan. Objek yang terdeteksi kemudian dilacak untuk mempertahankan identitas objek selama bergerak pada *conveyor*. Ketika objek yang telah dilacak melewati *counting line* yang telah ditentukan, sistem secara otomatis memperbarui jumlah *counter*. Hasil penghitungan kemudian ditampilkan pada antarmuka sistem, antarmuka pengguna berupa website dan sistem konveyor tidak termasuk kedalam sistem yang otomatis (automatic).



Gambar 4.15 Arsitektur Computer Vision

1. Input Citra Proses dimulai dari perangkat penangkap gambar yang diposisikan menghadap langsung ke arah sabuk konveyor. Berdasarkan diagram, terdapat tiga alternatif perangkat keras yang dapat digunakan sebagai sumber input, yaitu modul ESP32-CAM, kamera ponsel pintar (smartphone), atau webcam bawaan laptop. Perangkat-perangkat ini bertugas menangkap aliran video secara real-time dari objek botol yang berjalan di atas konveyor.
2. Pengiriman Data ke Server Lokal Setelah video ditangkap oleh perangkat sumber (seperti ESP32-CAM atau kamera HP), aliran data visual tersebut dikirimkan secara nirkabel melalui jaringan lokal atau protokol HTTP/Ngrok menuju komputer pusat, yaitu laptop yang bertindak sebagai server pemrosesan utama.
3. Pra-Pemrosesan (Preprocessing) Setibanya di server laptop, bingkai gambar mentah (raw frames) tidak langsung dimasukkan ke model AI secara utuh. Tahap preprocessing dilakukan untuk menyesuaikan ukuran resolusi gambar (resizing ke ukuran standar seperti $\text{imgsz}=320$). Penyesuaian ini sangat krusial guna memangkas beban komputasi matriks piksel, sehingga proses ekstraksi dan inferensi dapat berjalan dengan lancar tanpa mengalami lag.
4. Inferensi YOLO Gambar yang telah diatur ulang ukurannya kemudian dimasukkan ke dalam model Deep Learning YOLOv8. Pada tahap ini, arsitektur jaringan melakukan ekstraksi fitur geometri botol mulai dari garis tepi, kontur leher, hingga bentuk badan botol lalu mendeteksi keberadaan objek secara akurat dengan memunculkan kotak pembatas (bounding box) lengkap beserta skor keyakinannya (confidence score).
5. Pelacakan Objek dan Garis Virtual Hasil deteksi dari YOLOv8 kemudian diolah menggunakan algoritma pelacakan ByteTrack. Algoritma ini menyematkan ID unik pada tiap botol agar identitasnya konsisten antar-bingkai. Sistem memantau pergeseran koordinat pusat objek (centroid). Ketika titik tengah botol melintasi garis batas vertikal berwarna merah (counting line), sistem secara otomatis menghitung dan menambahkan jumlah total produk yang lewat.
6. Umpan Balik Antarmuka Seluruh hasil anotasi, visualisasi garis batas, jumlah total botol yang terhitung, serta metrik performa sistem dikirim kembali dan ditampilkan secara langsung pada dasbor pemantauan berbasis web di layar laptop pengguna, sehingga siklus pemantauan berjalan secara kontinyu.

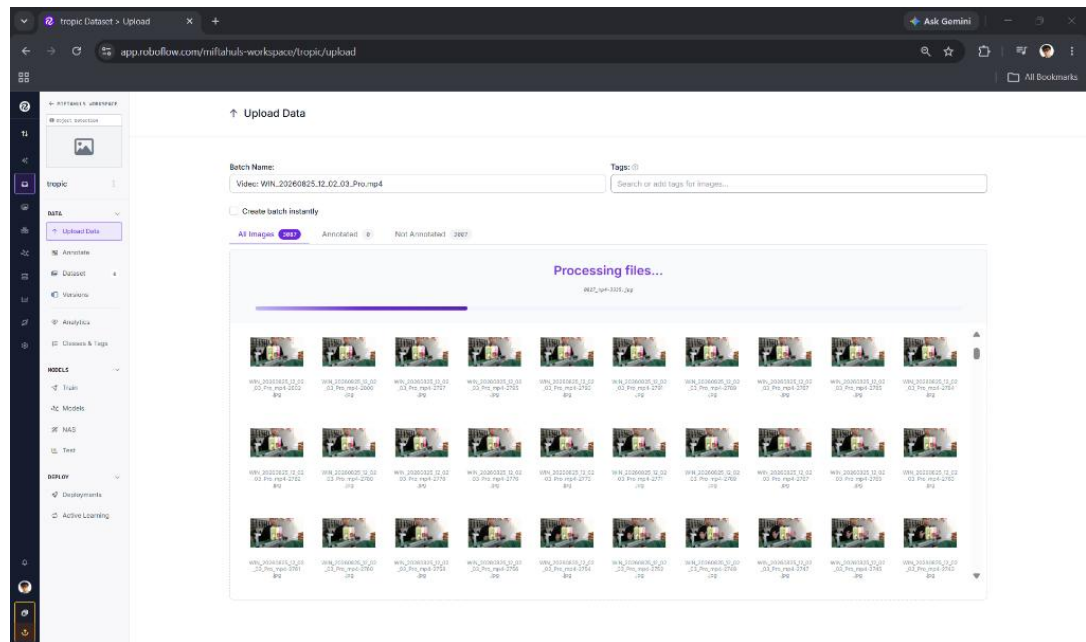
4.4. Pengumpulan Dataset

Pada pengumpulan dataset, peneliti melakukan pengumpulan data berupa video yang diekstraksi menjadi beberapa gambar. Pengumpulan data ini memiliki tujuan untuk metode agar dapat mendeteksi botol berdasarkan citra yang didapat. Penelitian ini masih bersifat prototipe sehingga menggunakan dataset video yang diperoleh dari lingkungan langsung dengan total video diperoleh.

1. Ekstraksi Video dan Pengunggahan Gambar

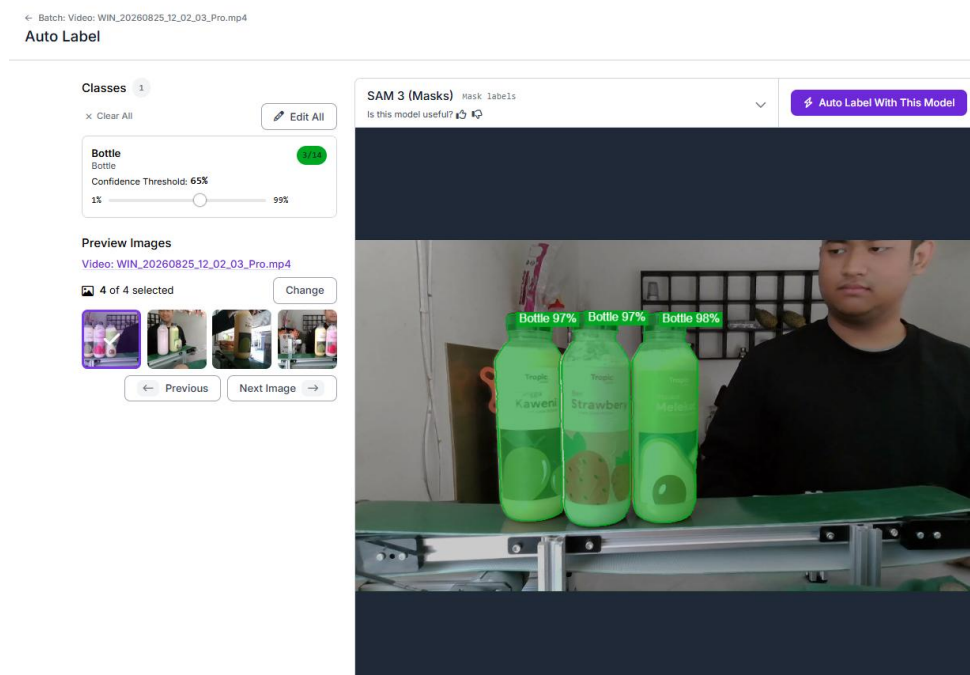
Proses awal persiapan data dilakukan dengan mengekstrak 5 file video mentah dengan 3 kamera

yang berbeda untuk menangkap gambar dengan 60 frame/second dari video. Total gambar yang didapat dari ekstraksi adalah 6160 gambar.



Gambar 4.16 Pengunggahan Data Roboflow 1

2. Otomasi Pelabelan

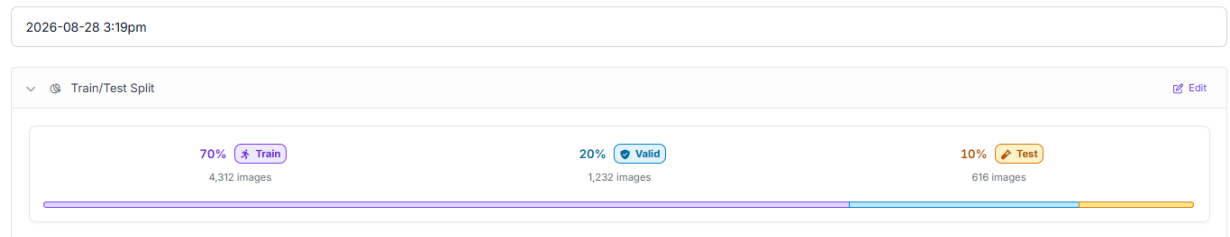


Gambar 4.17 Otomasi Pelabelan Roboflow

Proses ini menggunakan arsitektur *Zero-Shot Segmentation* milik Meta, yaitu *Segment*

Anything 3 (SAM3), untuk melakukan pelokalisasi dan deteksi otomatis pada objek yang didaftarkan ke dalam kelas bernama *Bottle*. Dengan mengatur nilai ambang batas keyakinan (*Confidence Threshold*) di angka 65%, model secara mandiri mampu memetakan serta membungkus objek botol di atas konveyor menggunakan kotak prediksi *bounding box* lengkap dengan nilai persentase akurasi deteksinya di setiap gambar.

3. Dataset Splitting



Gambar 4.18 Data Splitting Roboflow

Data *Train* sebesar 70% untuk melatih bobot, data *Valid* sebesar 20% untuk menyempurnakan parameter selama latihan, serta data *Test* sebesar 10% sebagai data uji murni untuk mengukur nilai metrik final seperti mAP, presisi, dan recall setelah pelatihan selesai.

4. Augmentation

Augmentations	Outputs per training example: 2
	Flip: Horizontal
	Crop: 0% Minimum Zoom, 20% Maximum Zoom
	Rotation: Between -15° and $+15^{\circ}$
	Grayscale: Apply to 15% of images
	Saturation: Between -25% and +25%
	Exposure: Between -10% and +10%
	Noise: Up to 0.1% of pixels
	Cutout: 3 boxes with 10% size each

Gambar 4.19 Augmentation Roboflow

Memanipulasi data citra secara digital guna memperkaya variasi data latih. *Exposure* untuk memanipulasi intensitas cahaya, *Flip* untuk memastikan model dapat mengenali objek pada posisi atau arah yang berbeda dan *Noise* untuk menambahkan gangguan visual pada gambar. Melalui tahapan ini, variasi dataset akan meningkat sehingga yang dihasilkan nantinya memiliki ketahanan yang tinggi dan tetap akurat dalam mendeteksi botol meskipun kondisi pencahayaan di area pabrik

mengalami fluktuasi atau posisi sudut kamera mengalami sedikit pergeseran.

Total dataset yang diperoleh setelah proses *Data Preprocessing*, *Data Splitting* dan *Augmentation* ialah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Total Dataset

Training	Valid	Test
8624	1232	616
Total:	10472	

BAB 5

PEMBANGUNAN DAN EVALUASI

Bab ini akan membahas langkah demi langkah bagaimana sistem yang telah dirancang sebelumnya. Pembahasan akan mencakup proses pembuatan alat konveyor secara fisik, pengaturan perangkat IoT, hingga bagaimana perangkat keras tersebut digabungkan dengan program yang sudah dibuat.

Selain tahapan pembuatan, bab ini juga akan memaparkan hasil pengujian secara langsung pada sistem yang sudah berjalan. Evaluasi ini dilakukan untuk melihat seberapa baik dan akurat kinerja model YOLOv8s dalam mengenali serta menghitung jumlah botol secara otomatis saat alat konveyor sedang bergerak.

5.1. Pengembangan Artefak

Tahap pengembangan artefak dilakukan berdasarkan tujuan solusi, dan rancangan yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pengembangan sistem Automatic Item Counter yang terdiri dari perangkat mekanik, perangkat elektronik, perangkat lunak, serta model computer vision. Perancangan dilakukan untuk menentukan struktur dan hubungan antarbagian sistem sehingga setiap komponen dapat bekerja secara terintegrasi dalam proses pemindahan, pendeteksian, dan penghitungan produk.

5.1.1. Pembangunan Konveyor Pelatihan Data

Sub-bab ini menguraikan hasil realisasi rancangan menjadi sebuah konveyor fisik. yang mencakup pembangunan struktur mekanik serta implementasi komponen elektrik dan sistem IoT. Pembahasan difokuskan pada arsitektur perangkat keras, spesifikasi komponen, dan integrasi komponen elektronik seperti penggunaan mikrokontroler dan penggerak motor (*motor driver*).

5.1.1.1. Rincian Komponen Yang Digunakan

Sub-bab ini memaparkan rincian komponen yang digunakan selama proses pembuatan konveyor. Penjabaran ini mencakup daftar komponen perangkat keras yang digunakan mulai dari material struktur mekanik, komponen elektrik, hingga perangkat pendukung lainnya beserta harga dari masing-masing unitnya. Rincian ini dilampirkan untuk memberikan gambaran mengenai apa saja komponen apa saja yang dipakai dan total estimasi dana yang dibutuhkan dalam membangun bentuk fisik dan sistem kelistrikan dari alat tersebut.

Adapun rincian keseluruhan pembuatan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Rincian Komponen Elektronik

Rincian Komponen Elektronik		
No.	Keterangan Alat	Biaya
1.	ESP32S Development Board & Expansion Board ESP32	Rp 87.500

2.	ESP32 CAM Module Camrea OV2640 2MP	Rp 139.000
3.	DC Motor 775 6000-1200RPM	Rp 78.000
4.	Power Supply 12V 5A 60W	Rp 56.500
5.	Motor Driver Bts 7960	Rp 49.500
6.	Module Step-Down XL4015	Rp 31.000
7.	Kabel Jumper Female to Female	Rp 49.500
8.	Kabel Serabut 2 meter	Rp 15.000
9.	Kabel Micro USB	Rp 15.000
10.	Steaker Broco	Rp 10.000
11.	Kabel Tembaga 1 meter	Rp 10.000
12.	DC Jack Male Power Adaptor	Rp 1.500
Total Biaya		Rp 542.500

Tabel 5.2 Rincian Komponen Konveyor Fisik

Rincian Komponen Konveyor Fisik		
No.	Keterangan Alat	Biaya
1.	Aluminium Profile 2080 60cm	Rp 152.100
2.	Conveyor Belt 80x1380mm	Rp 98.000
3.	Akrilik Hitam Custom untuk Side Profile	Rp 80.000
4.	Aluminium Profile 2020 10cm x 5 pcs	Rp 50.000
5.	Aluminium Profile 2020 20cm x 6 pcs	Rp 45.000
6.	Akrilik Bening Custom untuk Cover Komponen Elektronik	Rp 45.000
7.	End Cap Aluminium Profile 2020	Rp 42.000
8.	Holder DC Motor 755	Rp 38.200
9.	Bearing 608zz 8x22x7mm	Rp 36.300
10.	Timing Pulley GT2 60 Teeth 8mm Bore	Rp 32.196
11.	Case ESP32 CAM	Rp 31.000
12.	Pipa Besi OD 28 x ID 22 mm Panjang 7cm	Rp 30.367
13.	T Slot M4x22pcs	Rp 26.400
14.	WCS8 Linear Shaft 15cmx2pcs	Rp 25.500
15.	Plat Siku T Stainless Steel	Rp 24.568
16.	L Slot Connector 4 pcs	Rp 24.000
17.	Spacer M3 Aluminium 4 Buah	Rp 24.000
18.	Bushing ID 19 x OD 22 mm	Rp 22.938
19.	Timing Belt GT2	Rp. 20.239
20.	Timing Pulley GT2 20 Teeth 5mm Bore	Rp 17.746
21.	Flexible Coupling 8x8mm	Rp 17.600
22.	Silicone Tape	Rp 14.563
23.	Lem Epoxy	Rp 11.450
24.	As Stainless Steel 12cm	Rp 9.000
25.	As Stainless Steel 13cm	Rp 9.650
26.	Baut Hexagon M4x6mm 12pcs	Rp 8.790
27.	T Slot M3 2pcs	Rp 2.400
28.	Baut Hexagon M3x6mm 2pcs	Rp 1.465
29.	Baut M4x10mm 4pcs	Rp 1.000
30.	Baut M4x15mm 8pcs	Rp 996
Total Biaya		Rp 942.468

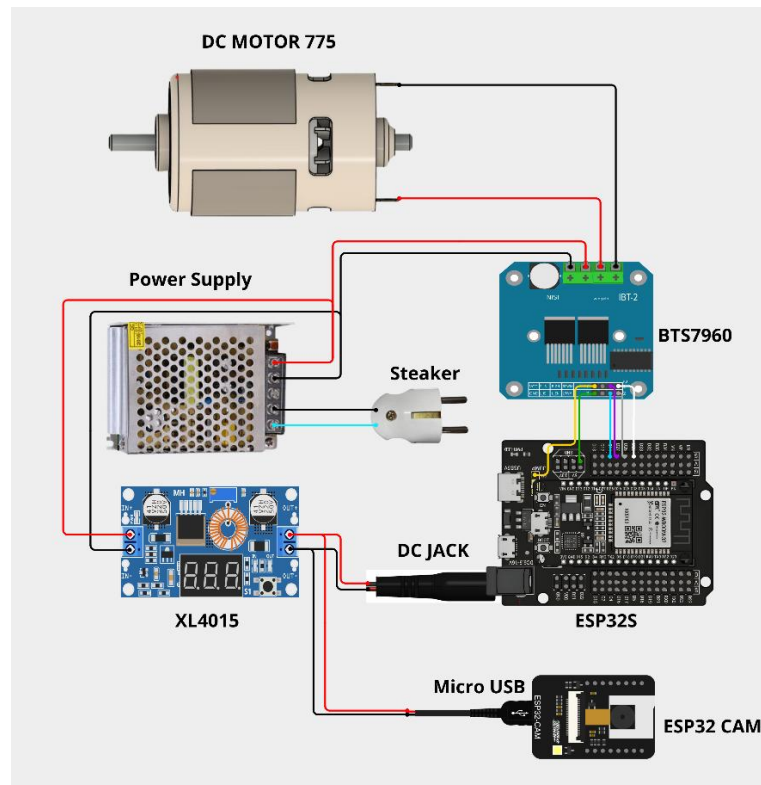
Tabel 5.3 Total Biaya Komponen IoT Konveyor

Biaya Komponen Elektronik	Rp 542.500
Biaya Komponen Konveyor Fisik	Rp 942.468
Total	Rp 1.484.968

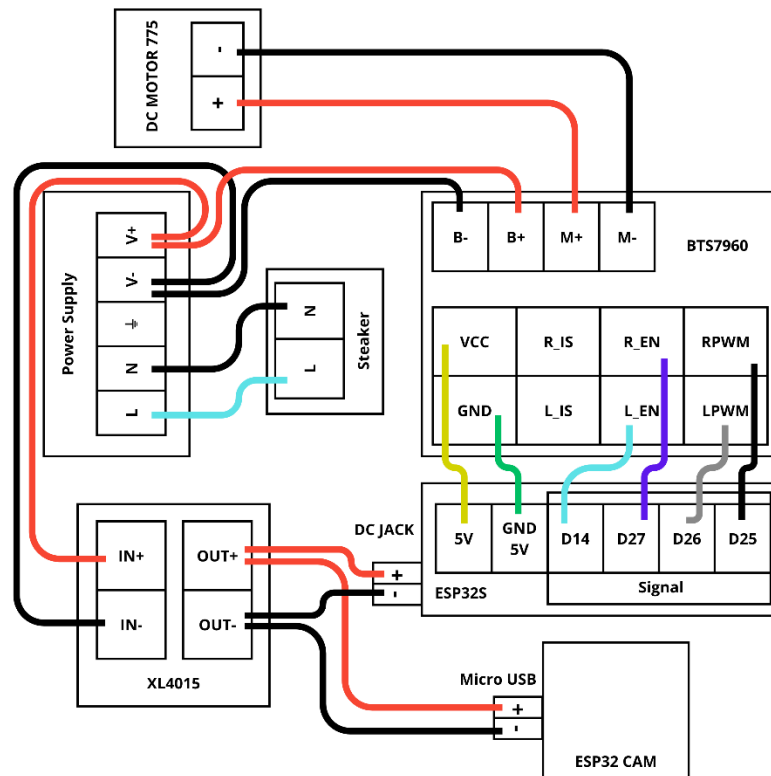
5.1.1.2. Pembangunan Komponen Elektronik

Pada sub-bab ini menguraikan pengkabelan (*wiring*) dan penghubungan antar perangkat, seperti mikrokontroler, modul penggerak motor (*motor driver*), hingga penyediaan suplai daya yang stabil. Pembangunan komponen elektronik ini bertujuan untuk memastikan terjalannya komunikasi data yang baik pada sistem IoT, sekaligus memastikan seluruh perangkat keras dapat beroperasi secara sinkron untuk mendukung kamera dalam menangkap citra secara *real-time*.

Adapun skema pengkabelan (*wiring*) dari komponen elektronik ini adalah sebagai berikut:



Gambar 5.1 Alur Komponen Elektronik



Gambar 5.2 Kelistrikan Komponen Elektronik

1. Sistem Distribusi Daya Utama

Sumber tegangan AC (arus bolak-balik) dari steker dihubungkan ke terminal L (Line) dan N (Neutral) pada *Power Supply*. Unit ini bertugas mengonversi tegangan AC menjadi DC (arus searah). Keluaran daya dari terminal V+ dan V- kemudian didistribusikan ke dua jalur yang berbeda. Pertama jalur daya tinggi dihubungkan secara langsung ke terminal B+ dan B- pada modul driver motor BTS7960 untuk memberikan suplai daya utama yang memadai bagi pergerakan Motor DC 775, kemudian jalur daya rendah dihubungkan ke terminal IN+ dan IN- pada modul step down XL4015. Modul ini menurunkan dan menstabilkan tegangan keluaran menjadi 5V.

Modul penangkap citra ESP32-CAM mendapatkan aliran dayanya secara langsung dari modul penurun tegangan (XL4015), tanpa melewati mikrokontroler utama ESP32S. Pemisahan jalur ini bertujuan untuk mencegah terganggunya kinerja kamera yang sering terjadi saat motor DC baru mulai berputar. Stabilitas kelistrikan pada modul ESP32-CAM ini sangat penting untuk memastikan aliran video stream tetap konsisten dan tidak terputus pada saat pendeteksian.

2. Pengendalian Mekanik Konveyor

Sinyal instruksi digital, termasuk Pulse Width Modulation (PWM) untuk mengatur kecepatan sabuk, dikirimkan melalui konfigurasi pin seperti yang diuraikan sebagai berikut:

Tabel 5.4 Keterangan PIN Komponen Elektronik

Pin ESP32S	Pin BTS7960	Keterangan
5V	VCC	Mengirimkan arus listrik ke driver motor untuk menghidupkan IC nya.
GND 5V	GND	Menghubungkan jalur negatif bersama agar arus komunikasi data dapat mengalir, Aliran listrik baru bisa menyalakan IC jika kutub positif dan negatifnya sama-sama terhubung.
D14	L_EN	Mengirim sinyal enable untuk mengaktifkan sirkuit penggerak sisi kiri.
D27	R_EN	Mengirim sinyal enable untuk mengaktifkan sirkuit penggerak sisi kanan.
D26	LPWM	Mengirim sinyal PWM untuk mengatur kecepatan putaran motor (kiri).
D25	RPWM	Mengirim sinyal PWM untuk mengatur kecepatan putaran motor (kanan).
M+	Kutub +	Menyalurkan arus listrik berdaya tinggi untuk memutar motor.
M-	Kutub -	Menyalurkan arus listrik berdaya tinggi untuk memutar motor.

5.1.1. Pelatihan Data

Pada tahapan ini, model akan mempelajari fitur visual objek botol melalui serangkaian putaran *epochs* guna meminimalkan nilai *loss* dan memperbarui bobot *weights* model secara otomatis menggunakan komputasi GPU.

Adapun rincian hyperparameter sebagai berikut:

a. *Batch Size*:16

Menentukan jumlah ukuran batch (kumpulan data) yang diproses dalam satu kali propagasi jaringan sebelum algoritma memperbarui bobotnya (weight update). Nilai 16 berarti memori komputasi akan memuat dan memproses 16 citra secara bersamaan dalam satu iterasi.

b. *Epoch*: 100

Menentukan jumlah siklus penuh algoritma machine learning melewati seluruh dataset pelatihan. Nilai 100 menunjukkan bahwa model akan mempelajari dan mengevaluasi keseluruhan data gambar Tropic maksimal sebanyak 100 kali untuk mencari pola fitur terbaik.

c. *Image Size*: 640

Merupakan resolusi gambar masukan (image size). Parameter ini menginstruksikan sistem untuk mengubah ukuran (resize) seluruh citra input menjadi matriks berukuran 640x640 piksel sebelum diproses ke dalam jaringan saraf tiruan. Ukuran ini merupakan standar keseimbangan yang baik antara akurasi deteksi dan kecepatan komputasi.

d. *Patience*: 10

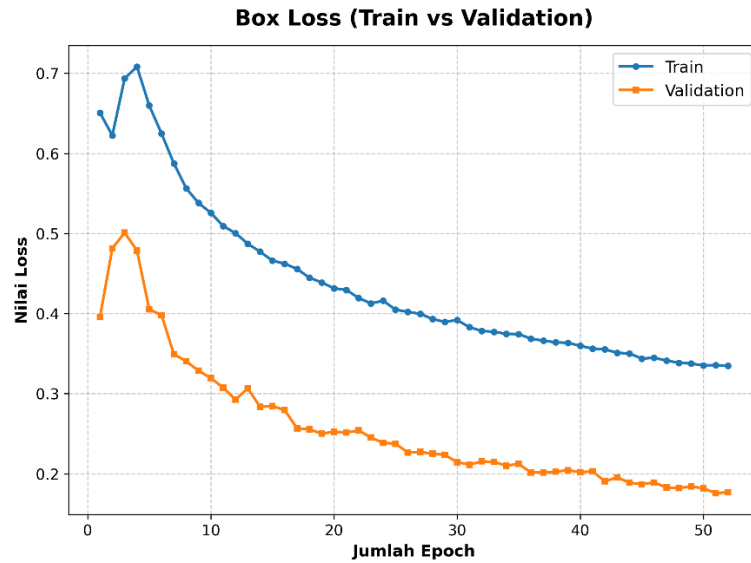
Merupakan mekanisme Early Stopping (pemberhentian awal) untuk mencegah terjadinya overfitting (kondisi di mana model menghafal data latih namun buruk pada data baru). Nilai 10 menginstruksikan sistem untuk menghentikan proses pelatihan secara otomatis jika tidak ada peningkatan performa model (penurunan nilai loss) selama 10 epoch berturut-turut.

```

1. NILAI ERROR / LOSS:
- Pelatihan Batas Kotak (Train Box Loss) : 0.3350
- Pelatihan Klasifikasi (Train Cls Loss) : 0.2837
- Pelatihan Akurasi Tepi (Train DFL Loss): 0.8602
- Validasi Batas Kotak (Val Box Loss) : 0.1769
- Validasi Klasifikasi (Val Cls Loss) : 0.2214
- Validasi Akurasi Tepi (Val DFL Loss) : 0.7460
-----
2. MATRIKS PERFORMA AKURASI:
- Precision (Presisi) : 0.9566 (95.66%)
- Recall (Sensitivitas) : 0.9534 (95.34%)
- F1-Score (Keseimbangan Metrik) : 0.9550 (95.50%)
- mAP@50 (Akurasi rata-rata IoU 0.5) : 0.9718 (97.18%)
- mAP@50-95 (Akurasi ketat IoU 0.5-0.95) : 0.9556 (95.56%)

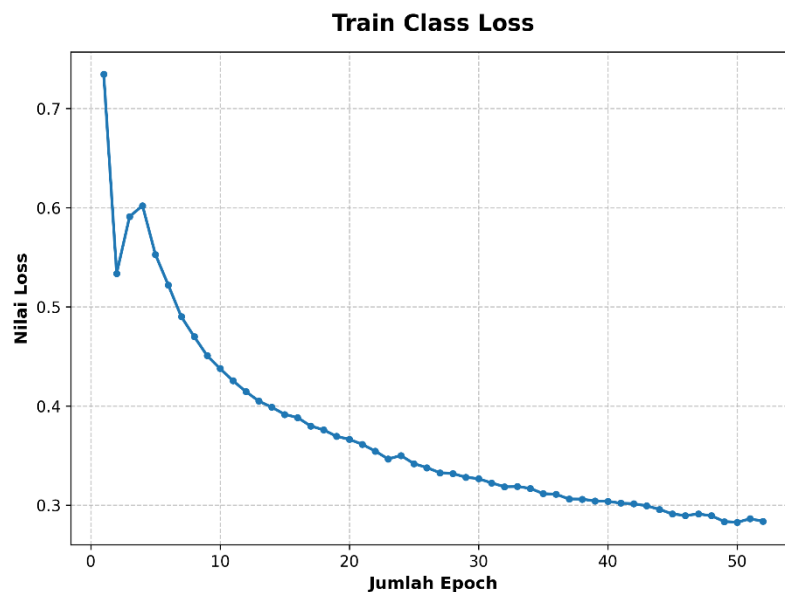
```

Gambar 5.3 Nilai Loss dan Metrik Performa

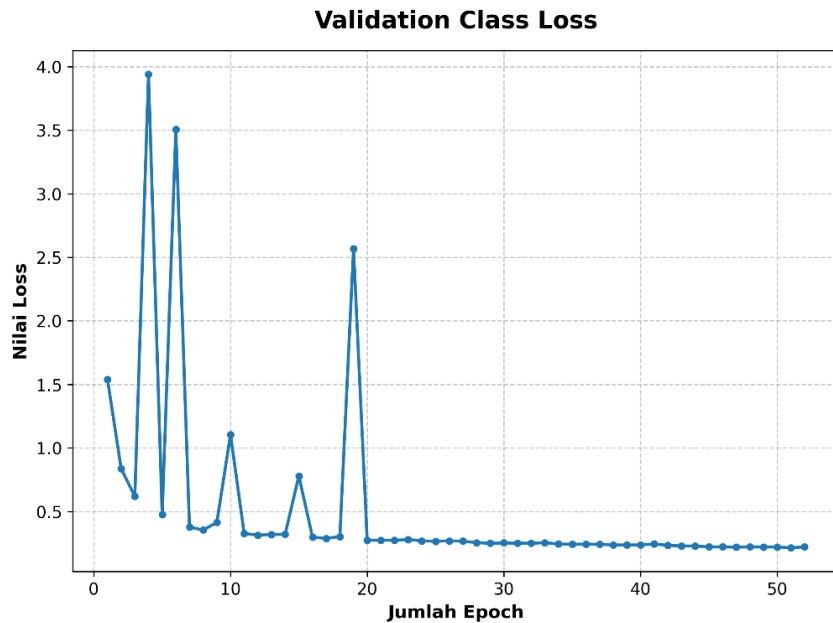


Gambar 5.4 Evaluasi Training dan Validation Box Loss

Kurva ini menunjukkan tingkat kesalahan model dalam memprediksi koordinat kotak pembatas (bounding box) pada data latih. Penurunan nilai yang tajam secara berkelanjutan hingga epoch ke-52 membuktikan bahwa model semakin presisi dalam mengenali bentuk geometri dan garis tepi botol, di mana penggunaan augmentasi grayscale terbukti sukses memaksa model untuk mengabaikan distorsi warna cairan jus. Pada metrik Validation Box Loss ini mengukur kemampuan model dalam melokalisasi objek pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya. Kurva yang bergerak turun secara mulus dan saling beriringan dengan kurva pelatihannya memastikan bahwa model tidak sekadar menghafal data, melainkan mampu menggeneralisasi kondisi pencahayaan redup maupun terang di jalur konveyor secara nyata

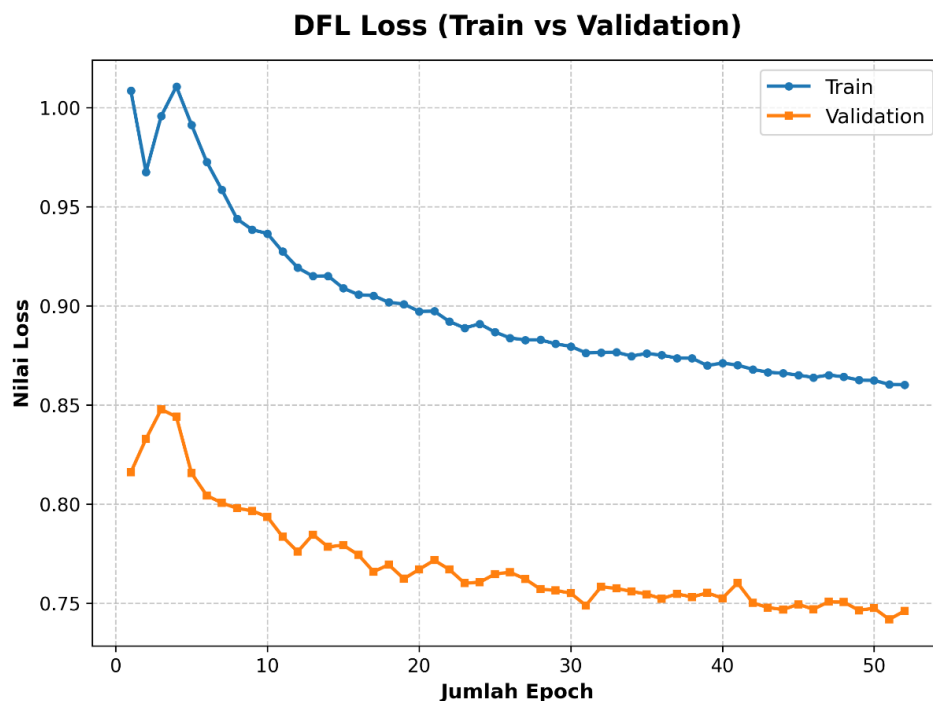


Gambar 5.5 Train Class Loss



Gambar 5.6 Validation Class Loss

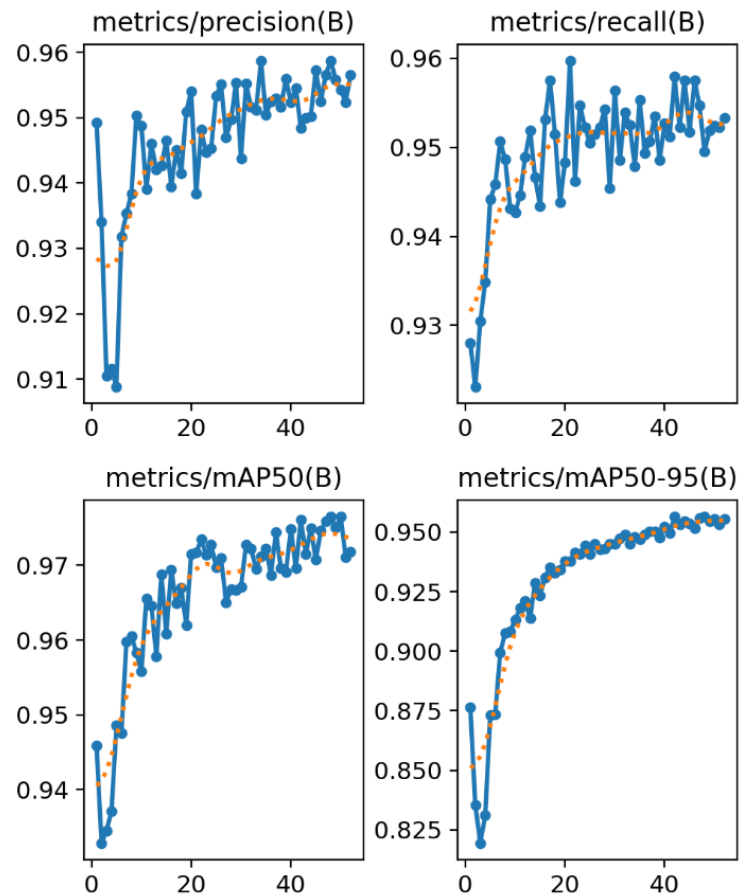
Kurva kesalahan klasifikasi pada data latih menurun dengan sangat mulus, tetapi pada validation class loss terdapat lonjakan penalti logaritmik hingga angka 4.0 pada 20 epoch pertama yang merupakan fenomena wajar akibat tebakan acak di fase inisialisasi (warm-up), namun kurva tersebut sukses mendatar stabil di angka 0.2 pada akhir pelatihan.



Gambar 5.7 Train dan Validation DFL Loss

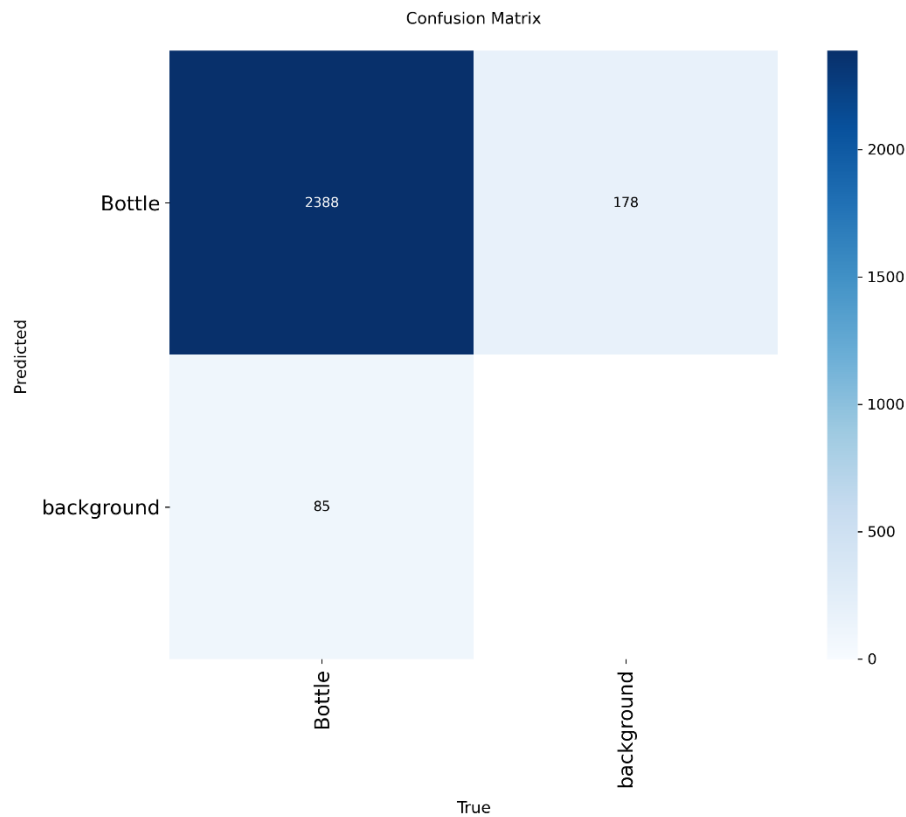
Grafik ini merepresentasikan proses perbaikan ketajaman batas tepi kotak pelacak selama masa pelatihan. Penurunan nilai yang konsisten mengonfirmasi bahwa algoritma secara bertahap semakin teliti dalam merapatkan garis kotak pembatas agar menempel pas pada lekukan fisik botol

yang sedang bergerak, Kemudian pada Validation DFL Loss ini memvalidasi kualitas distribusi ketajaman tepi kotak pada data uji. Kurva yang bergerak turun secara stabil dari awal hingga akhir epoch menunjukkan bahwa model konsisten memberikan prediksi batas fisik objek yang sangat rapat meskipun dihadapkan pada variasi pantulan cahaya.



Gambar 5.8 Metrik Evaluasi Precision, Recall, dan MaP

Model YOLOv8 menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi yang sangat tinggi dan stabil hingga akhir pelatihan di epoch ke-52. Keandalan utama model ini dibuktikan oleh metrik mAP@50 yang melesat naik hingga stabil di atas skor 0.97 (97%), diiringi oleh metrik mAP@50-95 yang secara konsisten meningkat menembus angka 0.95. Hal ini mengonfirmasi bahwa sistem tidak hanya berhasil mendeteksi keberadaan botol secara akurat, tetapi juga sangat presisi dalam menempelkan koordinat kotak pembatas (bounding box) pada tepi fisik objek meskipun dievaluasi menggunakan standar tumpang tindih (IoU) yang sangat ketat. Sistem ini semakin diperkuat oleh tingkat sensitivitas model atau skor Recall yang mencapai 0.95, menjamin bahwa sensor kamera tidak akan melewatkan atau gagal mendeteksi botol yang bergerak di atas sabuk konveyor. Di saat yang bersamaan, skor Precision yang bertahan di atas angka 0.95 memastikan bahwa model kebal terhadap gangguan visual seperti pantulan cahaya atau bayangan di pabrik, sehingga sangat efektif dalam mencegah terjadinya kesalahan deteksi terhadap objek yang bukan botol.



Gambar 5.9 Confusion Matrix Training

Berdasarkan hasil confusion matrix pada proses pelatihan, model menghasilkan True Positive sebanyak 2.388 objek botol. Selain kelas objek botol, terdapat kelas “background” yang digunakan oleh model untuk merepresentasikan area yang tidak mengandung objek. Hasil pengujian juga menunjukkan adanya 178 False Positive, yaitu kondisi ketika model mendeteksi area yang bukan merupakan objek botol sebagai objek, serta 85 False Negative, yaitu kondisi ketika objek botol yang terdapat pada data tidak berhasil terdeteksi oleh model. Perbandingan antara jumlah True Positive dengan False Positive dan False Negative menunjukkan bahwa sebagian besar prediksi model sesuai dengan objek yang terdapat pada data. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model telah mempelajari karakteristik visual objek botol dengan cukup baik selama proses pelatihan.

5.2. Demonstrasi dan Evaluasi Sistem

Pada tahap ini, dilakukan pengujian performa model YOLOv8 secara langsung menggunakan rekaman video operasional pada jalur produksi sabuk konveyor. Pengujian ini bertujuan untuk menguji kesiapan sistem dalam mendeteksi dan melacak objek botol secara *real-time*. Parameter utama yang dievaluasi pada fase ini meliputi kecepatan pemrosesan frame atau FPS (*Frames Per Second*), kerapian kotak pembatas (*bounding box*), serta tingkat kepercayaan (*confidence score*) model saat dihadapkan pada objek yang bergerak rapat.

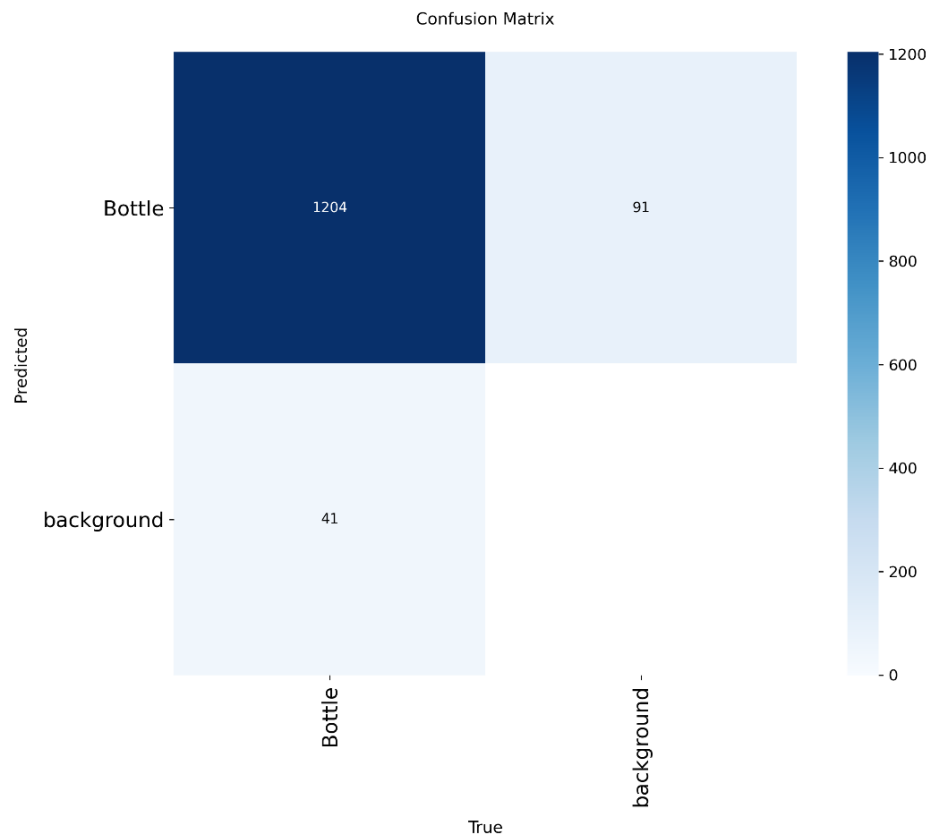
5.2.1. Pengujian Model Deteksi pada Data Test

Tahap pengujian ini difokuskan pada evaluasi performa model menggunakan dataset uji (test dataset) yang telah dipersiapkan secara terpisah pada saat proses pemisahan data (data splitting). Pengujian menggunakan data independen ini dilakukan sebagai bentuk pembuktian akhir guna memastikan bahwa sistem penghitung otomatis yang diusulkan mampu bekerja secara akurat dalam mendeteksi objek botol, meskipun diimplementasikan pada kondisi pencahayaan maupun situasi lingkungan sabuk konveyor yang sama sekali belum pernah dikenali oleh sistem.

```
Overall Accuracy : 0.9330 (93.30%)
Precision       : 0.9330
Recall          : 0.9663
F1-Score        : 0.9493
mAP@50 (AP)    : 0.9753
mAP@50-95     : 0.9550
```

Gambar 5.10 Test Model Evaluasi

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai mAP@50 sebesar 0,9753 dan mAP@50-95 sebesar 0,9550. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model mampu melakukan deteksi dan penempatan bounding box pada objek botol dengan tingkat ketepatan yang tinggi. Selain itu, nilai Recall sebesar 0,9663 menunjukkan bahwa sebagian besar objek botol pada data pengujian berhasil terdeteksi oleh model. Nilai Precision sebesar 0,9330 menunjukkan bahwa sebagian besar objek yang terdeteksi oleh model merupakan objek botol yang sesuai, sedangkan nilai F1-Score sebesar 0,9493 menunjukkan keseimbangan antara kemampuan model dalam mendeteksi objek dan menghindari deteksi yang tidak sesuai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model dapat digunakan sebagai bagian dari sistem Automatic Item Counter untuk mendeteksi objek botol pada konveyor.



Gambar 5.11 Confusion Matrix Test Model Evaluasi

Confusion Matrix pada data pengujian digunakan untuk melihat distribusi hasil prediksi model secara lebih rinci. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh True Positive sebanyak 1.204, yang menunjukkan jumlah prediksi objek botol yang berhasil dikenali dengan benar. Selain itu, terdapat 91 False Positive, yaitu prediksi objek pada area yang sebenarnya bukan merupakan botol, seperti bagian latar belakang konveyor, serta 41 False Negative, yaitu objek botol yang terdapat pada data tetapi tidak berhasil dikenali oleh model. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengenali sebagian besar objek botol pada data pengujian, meskipun masih terdapat beberapa kesalahan berupa deteksi objek yang tidak sesuai dan objek yang tidak terdeteksi.

5.2.2. Pengujian Perhitungan Inferensi

Pengujian inferensi dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam melakukan deteksi objek botol pada kondisi pencahayaan yang berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan model yang telah melalui proses pelatihan, kemudian model digunakan untuk melakukan prediksi terhadap objek botol pada video atau citra pengujian. Kondisi pencahayaan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu cahaya rendah, cahaya normal, dan cahaya tinggi.

Pengujian dilakukan dengan mengamati kemampuan model dalam mendeteksi objek botol, bounding box yang dihasilkan, serta kemampuan sistem dalam mempertahankan deteksi ketika objek melewati area penghitung. Pembagian kondisi pencahayaan bertujuan untuk mengetahui pengaruh

perubahan intensitas cahaya terhadap hasil inferensi model.

Logika pemrosesan sistem menjelaskan tahapan kerja sistem dalam melakukan proses pendeteksian dan perhitungan objek pada konveyor. Citra yang diperoleh kemudian diproses menggunakan model YOLOv8 untuk mendeteksi objek dan memberikan ID pada setiap objek yang terdeteksi dengan ukuran 320x320 dan secara default input kanal nya adalah 3 (R,G,B). Hasil pemrosesan kemudian ditampilkan pada antarmuka website berupa jumlah objek, ID objek, dan nilai confidence. Berikut pseudocode logika pemrosesan sistem:

Tabel 5.5 Pseudocode Algoritma Inferensi dan Deteksi YOLOv8

Algoritma Inferensi dan Deteksi YOLOv8
INPUT: Frame hasil preprocessing Model YOLOv8
PARAMETER: Confidence = 0,3 IoU = 0,5 Ukuran input = 320 piksel
PROSES: Masukkan frame ke model YOLOv8 Lakukan proses deteksi objek Saring hasil deteksi berdasarkan: Confidence minimum = 0,3 IoU = 0,5 Ambil hasil deteksi berupa: Bounding box Confidence ID objek
OUTPUT: Hasil deteksi objek botol

Algoritma inferensi dan deteksi YOLOv8 digunakan untuk melakukan pendeteksian objek botol pada setiap frame yang diterima oleh sistem. Frame yang telah melalui tahap preprocessing dimasukkan ke dalam model YOLOv8 untuk dilakukan proses inferensi. Model menghasilkan kandidat objek berupa bounding box dan nilai confidence. Hasil deteksi kemudian disaring menggunakan nilai confidence minimum sebesar 0,3 dan parameter IoU sebesar 0,5 untuk mengurangi hasil deteksi yang tidak memenuhi kriteria serta menangani bounding box yang saling tumpang tindih. Pada proses tracking, setiap objek yang berhasil dideteksi diberikan ID sehingga objek dapat dikenali secara konsisten pada frame berikutnya. Hasil akhir dari proses ini berupa posisi objek, nilai confidence, dan ID objek yang selanjutnya digunakan pada proses perhitungan jumlah botol berdasarkan counting line.

Tabel 5.6 Algoritma Perhitungan Objek

Algoritma Perhitungan Objek
INPUT: ID objek

```

Posisi centroid saat ini
Posisi centroid sebelumnya
Posisi garis virtual
Daftar ID yang telah dihitung

PROSES:
  Untuk setiap objek yang terdeteksi:

    Ambil posisi centroid saat ini

    Jika ID objek sudah memiliki posisi sebelumnya maka
      Ambil posisi centroid sebelumnya

      Jika centroid sebelumnya berada
      di sebelah kiri garis
      DAN centroid saat ini berada
      di sebelah kanan garis
      MAKA
        Objek melewati garis

      Jika objek melewati garis maka
        Periksa apakah ID objek sudah dihitung

        Jika ID belum terdapat dalam daftar
        objek yang telah dihitung maka
          Tambahkan ID ke daftar
          Tambahkan counter sebesar 1
          Simpan confidence objek

    Simpan posisi centroid saat ini
    sebagai posisi sebelumnya

OUTPUT:
  Jumlah objek yang telah melewati garis virtual

```

Algoritma penghitungan objek digunakan untuk menentukan jumlah objek yang telah melewati garis virtual pada area konveyor. Proses dilakukan dengan memanfaatkan ID objek, posisi centroid saat ini, posisi centroid sebelumnya, serta posisi garis virtual. Pada setiap frame, sistem mengambil posisi centroid dari objek yang terdeteksi dan membandingkannya dengan posisi centroid pada frame sebelumnya. Objek dinyatakan melewati garis apabila centroid sebelumnya berada di sebelah kiri garis dan centroid saat ini berada di sebelah kanan garis, atau sebaliknya. Setelah objek dinyatakan melewati garis, sistem memeriksa ID objek pada daftar ID yang telah dihitung. Apabila ID tersebut belum terdapat dalam daftar, ID ditambahkan dan nilai counter bertambah satu. Nilai confidence objek juga disimpan sebagai informasi hasil deteksi. Selanjutnya, posisi centroid saat ini disimpan sebagai posisi sebelumnya untuk proses pada frame berikutnya. Hasil akhir dari proses ini adalah jumlah objek yang telah melewati garis virtual.

1. Pengujian Cahaya Rendah

Pengujian cahaya rendah dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi objek botol ketika intensitas pencahayaan pada area konveyor berada pada kondisi rendah. Kondisi ini digunakan untuk mensimulasikan keadaan ketika pencahayaan lingkungan kurang optimal.

Pada pengujian ini, model melakukan inferensi terhadap objek botol yang bergerak melewati konveyor. Hasil deteksi diamati berdasarkan keberhasilan model dalam menemukan objek, posisi

bounding box, nilai confidence, dan kemampuan objek untuk tetap terdeteksi ketika melewati garis penghitung. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana penurunan pencahayaan memengaruhi kemampuan deteksi model.



Gambar 5.12 Pengujian Cahaya Rendah

Tabel 5.7 Evaluasi Pengujian Cahaya Rendah

Jumlah Aktual	Terhitung Sistem	TP	FP	FN	Recall	Precision	Akurasi	F1Score
89	80	80	0	9	89,89%	100%	89,89%	94,67

Berikut rumus evaluasi yang didapat:

$$\text{Precision} = 2 \times \frac{80}{80 + 0} = 1,0000$$

$$\text{Akurasi} = \frac{80 + 0}{80 + 0 + 0 + 9} = 0,89887$$

$$\text{F1Score} = 2 \times \frac{1,00 \times 0,8989}{1,00 + 0,8989} = 0,9467$$

Berdasarkan hasil pengujian pada cahaya rendah, model mampu mendeteksi seluruh objek botol pada kondisi cahaya rendah. Beberapa objek mengalami tidak terdeteksi, yang menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan rendah memberikan pengaruh terhadap hasil inferensi model, salah satu penyebabnya adalah garis tepi menyatu dengan background yang sangat gelap sehingga objek sulit terdeteksi. Diperoleh jumlah aktual sebanyak 89 objek dan sistem berhasil menghitung 80 objek, dengan 80 TP, 0 FP, dan 9 FN. Hasil evaluasi menunjukkan Recall 89,89%, Precision 100%, Akurasi 89,89%, dan F1-Score 94,67%. Sistem juga memperoleh rata-rata 12,26 FPS dengan kecepatan

konveyor sebesar 45,16 RPM.

2. Pengujian Cahaya Normal

Pengujian cahaya normal dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam melakukan deteksi pada kondisi pencahayaan yang sesuai dengan kondisi penggunaan sistem. Kondisi ini digunakan sebagai kondisi pengujian utama karena pencahayaan pada area konveyor berada pada tingkat yang cukup untuk memperlihatkan objek botol dengan jelas.



Gambar 5.13 Pengujian Cahaya Normal

Tabel 5.8 Evaluasi Pengujian Cahaya Normal

Jumlah Aktual	Terhitung Sistem	TP	FP	FN	Recall	Precision	Akurasi	F1Score
86	80	80	0	6	93,02%	100%	93,02%	96,38

Berikut rumus evaluasi yang didapat:

$$\text{Recall} = 2 \times \frac{80}{80 + 6} = 0,9302$$

$$\text{Precision} = 2 \times \frac{80}{80 + 0} = 1,0000$$

$$\text{Akurasi} = \frac{80 + 0}{80 + 0 + 0 + 6} = 0,9302$$

$$\text{F1Score} = 2 \times \frac{1,00 \times 0,9302}{1,00 + 0,9302} = 0,9638$$

Berdasarkan hasil pengujian pada kondisi cahaya normal dengan rata-rata FPS 11.93 dan rata-rata RPM 93.7, diperoleh jumlah objek aktual sebanyak 86 botol, sedangkan sistem berhasil menghitung sebanyak 80 botol. Dari hasil tersebut, diperoleh True Positive (TP) sebanyak 80, False

Positive (FP) sebanyak 0, dan False Negative (FN) sebanyak 6. Nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh objek yang berhasil dihitung oleh sistem merupakan objek yang benar, sehingga menghasilkan precision sebesar 100%. Sementara itu, terdapat 6 objek yang tidak berhasil terhitung oleh sistem sehingga nilai recall yang diperoleh sebesar 93,02%. Berdasarkan perbandingan antara hasil deteksi sistem dengan jumlah objek aktual, diperoleh akurasi sebesar 93,02%, sedangkan nilai F1-Score sebesar 96,38%. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa model mampu melakukan deteksi dan penghitungan objek botol dengan cukup baik pada kondisi cahaya normal. Meskipun tidak seluruh objek berhasil terhitung, tidak ditemukan adanya kesalahan berupa objek yang dihitung tetapi sebenarnya tidak ada (FP = 0).

Kesalahan yang terjadi pada pengujian lebih disebabkan oleh adanya objek yang tidak berhasil terdeteksi atau terhitung (FN = 6) terlihat bahwa tantangannya adalah objek blur di objek bergerak yang cepat, sehingga memengaruhi nilai recall dan akurasi sistem. Kondisi pencahayaan normal juga dapat menyebabkan variasi tampilan objek pada frame, terutama pada bagian permukaan botol, sehingga dapat memengaruhi kemampuan model dalam mempertahankan deteksi terhadap seluruh objek yang melewati garis virtual.

3. Pengujian Cahaya Tinggi

Pengujian cahaya tinggi dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam melakukan deteksi ketika area konveyor mendapatkan intensitas pencahayaan yang lebih tinggi dibandingkan kondisi normal. Kondisi ini digunakan untuk menguji apakah peningkatan pencahayaan dapat memengaruhi kemampuan model dalam mengenali objek botol.



Gambar 5.14 Pengujian Cahaya Tinggi

Tabel 5.9 Evaluasi Pengujian Cahaya Tinggi

Jumlah Aktual	Terhitung Sistem	TP	FP	FN	Recall	Precision	Akurasi
---------------	------------------	----	----	----	--------	-----------	---------

80	80	80	0	0	100%	100%	100%
----	----	----	---	---	------	------	------

Berikut rumus evaluasi yang didapat:

$$\text{Recall} = 2 \times \frac{80}{80 + 0} = 1,0000$$

$$\text{Precision} = 2 \times \frac{80}{80 + 0} = 1,0000$$

$$\text{Akurasi} = \frac{80 + 0}{80 + 0 + 0 + 0} = 1,0000$$

$$\text{F1Score} = 2 \times \frac{1,00 \times 1,00}{1,00 + 1,00} = 1,0000$$

Berdasarkan hasil pengujian, dengan perolehan rata-rata FPS sebesar 10,49 dan rata-rata RPM sebesar 130,66, model mampu melakukan proses deteksi dan penghitungan objek botol pada kondisi intensitas cahaya tinggi. Pada kondisi tersebut, seluruh objek botol yang digunakan dalam pengujian dapat terdeteksi dengan baik sehingga diperoleh nilai precision, recall, dan accuracy masing-masing sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model dapat mengenali objek botol secara tepat tanpa menghasilkan kesalahan deteksi maupun objek yang terlewat pada kondisi pencahayaan tinggi.

Tabel 5.10 Tabel Error Keseluruhan Pengujian

No	Keterangan	Aktual	Terhitung Sistem	Absolute Error
1.	Pengujian Cahaya Rendah	89	80	9
2.	Pengujian Cahaya Normal	86	80	6
3.	Pengujian Cahaya Tinggi	80	80	0
Total		255	240	15

Tabel 5.11 Evaluasi Pengujian Perhitungan

Metric	Value
MAE (Mean Absolute Error)	5,00
MAPE (Mean Absolute Percentage Error)	5,70%
Counting Accuracy	94,30%

$$\text{MAE} = \frac{15}{3} = 5,00$$

$$\text{Cahaya Rendah: } \frac{9}{89} \times 100\% = 10,11\%$$

$$\text{Cahaya Normal: } \frac{6}{86} \times 100\% = 6,98\%$$

$$\text{Cahaya Tinggi : } \frac{0}{80} \times 100\% = 0,00\%$$

$$\text{MAPE} = \frac{10,11\% + 6,98\% + 0,00\%}{3} = 5,70\%$$

$$\text{Counting Accuracy} = 100\% - 5,70\% = 94,30\%$$

Berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan yang mencakup variasi kondisi pencahayaan, performa sistem penghitungan botol menunjukkan tingkat keandalan yang sangat baik. Pengujian dilakukan dalam tiga skenario intensitas cahaya, yaitu cahaya rendah dengan jumlah objek aktual sebanyak 89 dan sistem menghitung 80 (selisih mutlak 9), cahaya normal dengan jumlah aktual 86 dan sistem menghitung 80 (selisih mutlak 6), serta cahaya tinggi dengan jumlah aktual dan terhitung yang sama persis yaitu 80 (selisih mutlak 0). Dari keseluruhan skenario tersebut, akumulasi objek aktual mencapai 255 buah dengan total objek yang berhasil dihitung sistem sebanyak 240 buah, menghasilkan jumlah kesalahan mutlak keseluruhan sebesar 15.

Berdasarkan data tersebut, perhitungan metrik evaluasi menghasilkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 5,00. Sementara itu, persentase kesalahan relatif pada masing-masing kondisi berturut-turut adalah 10,11% untuk cahaya rendah, 6,98% untuk cahaya normal, dan 0,00% untuk cahaya tinggi, sehingga diperoleh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 5,70%. Dengan demikian, tingkat akurasi sistem (*Counting Accuracy*) yang dihitung dari sisa persentase kesalahan tersebut berhasil mencapai 94,30%, yang membuktikan bahwa sistem berbasis YOLOv8 ini mampu bekerja dengan akurat di berbagai kondisi lingkungan.

5.3. Perbandingan Evaluasi Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memiliki beberapa perbedaan dengan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai pembandingan. Penelitian terdahulu menerapkan sistem deteksi objek pada konveyor dengan objek berupa kaleng minuman dan kemasan snack serta melakukan pengujian pada dua variasi kecepatan konveyor, yaitu 43 RPM dan 59 RPM. Pada kecepatan 43 RPM diperoleh rata-rata Precision sebesar 96,7%, Recall sebesar 69,8%, F1-Score sebesar 81,0%, dan Akurasi sebesar 70,6%. Sementara itu, pada kecepatan 59 RPM diperoleh rata-rata Precision sebesar 96,7%, Recall sebesar 65,0%, F1-Score sebesar 77,7%, dan Akurasi sebesar 65,8%. Hasil tersebut menunjukkan adanya perubahan nilai evaluasi ketika kecepatan konveyor mengalami peningkatan.

Penelitian ini memiliki perbedaan pada objek, rancangan sistem, dan kondisi pengujian. Objek

yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol minuman, sedangkan penelitian terdahulu menggunakan kaleng minuman dan kemasan snack. Selain menggunakan model deteksi objek, penelitian ini membangun sistem Automatic Item Counter yang terintegrasi dengan prototype konveyor sehingga proses pergerakan objek dan penghitungan objek dilakukan dalam satu sistem. Sistem juga dilengkapi dengan antarmuka untuk melakukan pemantauan dan pengendalian proses penghitungan.

Kelebihan penelitian ini dibandingkan penelitian terdahulu terletak pada pengujian sistem yang tidak hanya mempertimbangkan perubahan kecepatan konveyor, tetapi juga mempertimbangkan perubahan kondisi pencahayaan. Penelitian ini melakukan pengujian pada tiga kondisi, yaitu cahaya rendah, cahaya normal, dan cahaya tinggi. Pembagian kondisi tersebut digunakan untuk melihat perubahan hasil deteksi dan penghitungan objek ketika intensitas cahaya pada area konveyor berubah.

Pada kondisi cahaya rendah, jumlah objek aktual sebanyak 89 objek dan sistem berhasil menghitung 80 objek. Hasil pencocokan menunjukkan 80 True Positive (TP), 0 False Positive (FP), dan 9 False Negative (FN). Nilai Precision sebesar 100%, Recall sebesar 89,89%, dan F1-Score sebesar 94,67%. Terdapat selisih sebanyak 9 objek antara jumlah aktual dan jumlah hasil penghitungan sistem. Dengan demikian, error penghitungan berdasarkan selisih jumlah objek adalah sebesar 10,11%. Pengujian ini dilakukan dengan rata-rata kecepatan konveyor sebesar 45,16 RPM dan rata-rata pemrosesan sebesar 12,26 FPS.

Pada kondisi cahaya normal, jumlah objek aktual sebanyak 86 objek dan sistem berhasil menghitung 80 objek. Berdasarkan hasil pencocokan diperoleh 80 True Positive (TP), 0 False Positive (FP), dan 6 False Negative (FN). Nilai Precision sebesar 100%, Recall sebesar 93,02%, Akurasi sebesar 93,02%, dan F1-Score sebesar 96,38% berdasarkan perhitungan dari nilai TP, FP, dan FN tersebut. Terdapat selisih sebanyak 6 objek sehingga error penghitungan sebesar 6,98%. Kondisi pengujian ini memiliki rata-rata FPS sebesar 11,93 dan rata-rata kecepatan konveyor sebesar 93,7 RPM. Data pada dokumen mencantumkan Recall 89,89% dan F1-Score 94,67%, tetapi kedua nilai tersebut tidak sesuai dengan $TP=80$, $FP=0$, dan $FN=6$, sehingga nilai tersebut perlu diperbaiki agar konsisten dengan perhitungan evaluasi.

Pada kondisi cahaya tinggi, jumlah objek aktual sebanyak 80 objek dan sistem berhasil menghitung seluruhnya, yaitu 80 objek. Hasil pencocokan menunjukkan 80 True Positive (TP), 0 False Positive (FP), dan 0 False Negative (FN). Nilai Precision, Recall, dan F1-Score masing-masing sebesar 100%, serta tidak terdapat selisih antara jumlah aktual dan hasil penghitungan sistem. Dengan demikian, error penghitungan sebesar 0%. Pengujian dilakukan dengan rata-rata FPS sebesar 10,49 dan rata-rata kecepatan konveyor sebesar 130,66 RPM.

5.4. Kelebihan dan Kekurangan

Berdasarkan hasil pembangunan dan pengujian, sistem Automatic Item Counter yang dikembangkan memiliki beberapa kelebihan. Sistem telah mengintegrasikan proses penghitungan

objek dengan prototype konveyor sehingga proses pemindahan dan penghitungan objek dapat dilakukan secara otomatis. Selain itu, sistem dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang dapat digunakan untuk memantau proses deteksi dan penghitungan objek serta mengendalikan proses kerja konveyor. Informasi hasil penghitungan juga dapat ditampilkan secara langsung sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi proses penghitungan tanpa melakukan penghitungan secara manual. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memperoleh Precision sebesar 100%, Recall sebesar 100%, Akurasi sebesar 100%, dan F1-Score sebesar 100% pada cahaya tinggi dan total akurasi perhitungan 94,30%, yang menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penghitungan objek dengan hasil yang cukup baik pada kondisi pengujian yang dilakukan.

Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa kekurangan. Dari tiga sumber input kamera yang disediakan, pada pengujian utama hanya kamera laptop yang dapat digunakan secara optimal. Penggunaan kamera smartphone dan ESP32-CAM masih mengalami keterbatasan pada kelancaran video, terutama berupa keterlambatan atau lag pada proses streaming walaupun upaya mengurangi resolusi dan mengurangi besaran input YOLOv8 sudah dilakukan, sehingga belum dapat digunakan secara optimal untuk proses deteksi secara real-time. Selain itu, sistem masih bergantung pada perangkat laptop untuk menjalankan proses deteksi menggunakan model YOLOv8, sehingga proses pengolahan citra belum sepenuhnya dilakukan secara mandiri pada perangkat embedded. Hasil pengujian juga menunjukkan masih terdapat 9 objek yang tidak berhasil terdeteksi dari 89 objek aktual, sehingga nilai Recall belum mencapai 100%. Kondisi pencahayaan juga dapat memengaruhi proses deteksi, terutama pada kondisi cahaya rendah. Dengan demikian, pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan kestabilan sumber kamera, optimasi proses streaming.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan untuk pengembangan.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem Automatic Item Counter berbasis *Computer Vision* berhasil dirancang untuk melakukan proses deteksi serta penghitungan barang secara otomatis pada konveyor.
2. Berdasarkan hasil pengujian penghitungan pada seluruh kondisi pencahayaan, terdapat 255 objek aktual dan 240 objek yang berhasil dihitung oleh sistem, dengan total selisih perhitungan sebanyak 15 objek. Hasil evaluasi memperoleh nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 5,00, Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 5,70%, dan Counting Accuracy sebesar 94,30%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan penghitungan objek dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah pada kondisi pengujian yang dilakukan.

6.2. Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan sehingga dapat menjadi bahan pengembangan pada penelitian selanjutnya. Mengingat perangkat keras konveyor yang dirancang pada penelitian ini masih berupa prototype berskala kecil, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan dimensi dan struktur fisik konveyor ke dalam skala yang lebih besar, tujuannya agar konveyor tidak hanya berfungsi sebagai media pengujian, tetapi dapat benar-benar diimplementasikan untuk membantu dan meringankan proses pemindahan barang secara nyata pada lini produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [AKI23] I. Aki, “KOMPARASI FUNGSI AKTIVASI NEURAL NETWORK PADA DATA TIME SERIES,” *INTI NUSA MANDIRI*, vol. 18, pp. 78–83, Aug. 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33480/inti.v18i1.4288>
- [ANG25] S. N. Anggraini and K. H. Hanif, “Prototype Conveyor Sederhana untuk Deteksi Objek Secara Real-time dengan Algoritma YOLOv4,” *Jurnal Borneo Informatika Dan Teknik Komputer*, vol. 5, no. 1, pp. 40–53, Sep. 2025, [Online]. Available: doi: <https://doi.org/10.35334/jbit.v5i1.6820>
- [ARI24] M. Aria Rajasa Pohan, S.T., M.T., “PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI MEREK, WARNA, DAN PLAT NOMOR KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA MENGGUNAKAN METODE YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) DAN PENGENALAN KARAKTER OPTIK”, 27, Aug, 2024, [Online]. Available: <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/10734/>
- [BER25] D. Bergmann, “What is meant by machine learning?,” Nov. 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/id-id/think/topics/machine-learning> [accessed May. 15, 2026].
- [BER26] D. Bergmann, “What is deep learning?,” Apr. 02, 2026. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/deep-learning> [accessed May. 15, 2026].
- [BRH20] J. V. Brocke, A. Hevner, and A. Maedche, “Introduction to Design Science Research”, Sep. 2020, [Online]. Available: doi:10.1007/978-3-030-46781-4_1
- [CAS25] R. D. Caballar and C. Stryker, “What is computer vision?,” Nov. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/computer-vision> [accessed May. 16, 2026].
- [DAP23] Dicky Arya Pratama, “Low-Fidelity vs High-Fidelity Prototyping” *Dicoding*, Nov 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/python-pengertian-contoh-penggunaan-dan-manfaat-mempelajarinya/> [accessed Sept. 10, 2026].
- [DIC23] dicoding, “Python: pengertian, contoh penggunaan, dan manfaat mempelajarinya,” *Dicoding*, May 31, 2023. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/python-pengertian-contoh-penggunaan-dan-manfaat-mempelajarinya/> [accessed May. 15, 2026].

- [DZUL22] I. DZULFIKAR “MERDEKA BELAJAR KAMPUS MERDEKA (MBKM) FOUNDATIONS OF AI AND LIFE SKILLS FOR GEN-Z ORBIT FUTURE ACADEMY, Nov. 16, 2022, [Online]. Available: <https://repository.itttelkom-pwt.ac.id/8624/>
- [FIL26] Filantropi Yusuf Aji Cahyono, Raden Arief Setiawan, Angger Abdul Razak, “Real-Time Vehicle Detection and Counting Using YOLOv8 and ByteTrack Multi-Object Tracking on Surveillance Cameras,” *Zetroem*, vol. 08, no 02, June. 2026, [Online]. Available: 10.36526/ztr.v8i2.8313 [accessed Sept. 15, 2026].
- [INA19] M. INAYAT ALI, “Analisis sentimen berdasarkan aspek menggunakan Elman Recurrent Neural Network,” Ulibrary UNIKOM, Aug. 31, 2019. [Online]. Available: <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1136/> [accessed Jun. 04, 2026].
- [INT26] intel, “Apa itu Computer Vision?. [Online]. Available: <https://www.intel.co.id/content/www/id/id/learn/what-is-computer-vision.html> [accessed Jun. 11, 2026].
- [JUL23] N. Juliyani Hayat, D. Singasatia, and M. Rafi Muttaqin, “OBJECT TRACKING MENGGUNAKAN ALGORITMA YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)V8 UNTUK MENGHITUNG KENDARAAN,” *Ilmiah Komputer Dan Informatika*, vol. 12, pp. 91–99, Oct. 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.34010/komputa.v12i2.10654>
- [KEM26] Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, Evaluasi model Machine learning. LMS SPADA. [Online]. Available: https://lmsspada.kemdiktisaintek.go.id/pluginfile.php/1033906/mod_resource/content/2/Modul%20Evaluasi%20Model.pdf [accessed Jun 04, 2026]
- [KIL23] Kili Technology “YOLO Algorithm: Real-Time Object Detection from A to Z,” Dec. 28, 2023. [Online]. Available: <https://kili-technology.com/data-labeling/machine-learning/yolo-algorithm-real-time-object-detection-from-a-to-z> [accessed May 25, 2026]
- [MUH25] Muhammad Natsir, Erwan Darmawan, Djejen Nahrowi, “Optimalisasi Teknologi Otomasi untuk Meningkatkan Daya Saing Industri Manufaktur Indonesia di Era Ekonomi Digital”, *Journal of Economics, Management, and Accounting*, Vol. 1, No. 2, Nov, 24, 2025. [Online]. Available: <https://scriptaintelektual.com/scripta-economica> [accessed Sept 10, 2026]

- [MRI25] M Riesky Pratama , Dewi Laksmiati, “Prototipe Sistem Deteksi Burung Menggunakan ESP32-Cam dan Algoritma YOLO”, Jurnal Ilmiah GIGA, Vol. 27, No. 2, Jan, 30, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.47313/jig.v27i2.3826> [accessed Sept 11, 2026]
- [NEL26] J. Nelson, “Apa itu YOLO? panduan lengkapnya,” Jan. 12, 2026. [Online]. Available: <https://blog.roboflow.com/guide-to-yolo-models/> [accessed Jun 01, 2026]
- [NUR23] F. Nurzaman, “PENDETEKSIAN OBJEK PADA KONDISI PENCAHAYAAN MINIM MENGGUNAKAN YOLOV7 DAN LOW-LIGHT IMAGE ENHANCEMENT,” Upi Repository, 2008. [Online]. Available: <https://repository.upi.edu/101522/> [accessed Jun 02, 2026]
- [PAH24] Pahlevi, E. S. M. (2024). *Kecerdasan Buatan dengan Deep Learning*. Elex Media Komputindo.
- [PEF07] Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). *A Design Science Research Methodology for Information Systems Research*. Journal of Management Information Systems, 24(3), 45-77. doi: 10.2753/MIS0742-1222240302.
- [PRA20] M. R. Prakha Anggara, “TRANSFER LEARNING DENGAN MODEL ARSITEKTUR VGG16 DAN INCEPTION-V3 UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN KENTANG,” 2020. <https://eprints.itenas.ac.id/1304/> <https://eprints.itenas.ac.id/1304/> [accessed Jun 02, 2026]
- [RIZ19] A. RIZKY FAUZY, “IMPLEMENTASI METODE REGION CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM MEMDIAGNOSA ANOMALI PNEUMONIA PADA FOTO THORAX”, Aug. 13, 2019, [Online]. Available: <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1158/>
- [SAP22] Saputra, I., & Kristiyanti, D. A. (2022). Machine learning untuk pemula. *Informatika*.
- [SAP24] F. Saptawan, David, T. Wijaya, S. Kosasi, and S. M. Kuway, “PREDIKSI EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TIDAK MENULAR MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST PADA PUSKESMAS,” JURNAL TIMES:

Technology Informatics & Computer System, vol. 13, no. 2, pp. 193–201, Dec. 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.51351/jtm.13.2.2024788>

- [SOL26] J. Solawetz, “What is mean average precision (MAP) in object detection?,” *Roboflow*, May 01, 2026. [Online]. Available: <https://blog.roboflow.com/mean-average-precision/#what-is-mean-average-precision-map> [accessed Jun 04, 2026]
- [STR25] C. Stryker and R. Diane Caballar, “What is model performance?,” *IBM*, Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/model-performance> [accessed Jun 04, 2026]
- [SUG13] Prof. Dr. Sugiyono, “METODE PENELITIAN KUANTITATIF KUALITATIF DAN R&D,” *ALFABETA BANDUNG*, Okt. 2013, [Online]. Available: <https://dn721804.ca.archive.org/0/items/buku-metode-penelitian-sugiyono/buku-metode-penelitian-sugiyono.pdf>
- [SUR22] A. A. M. Suradi, M. F. Rasyid, and N. Nasaruddin, “Sistem perhitungan jumlah kendaraan berbasis Computer Vision,” *ejurnal.undipa.ac.id*, Aug. 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.undipa.ac.id/index.php/sisiti/article/view/950>
- [UPI25] Universitas Pendidikan Indonesia, “Visual Studio Code,” Upi Cibiru, Feb. 19, 2025. <https://kd-cibiru.upi.edu/index.php/daftar-kategori/prodi-rpl/visual-studio-code> [accessed Jun 06, 2026]
- [YAN24] M. Yan Petra, Lina “Sistem Pendeteksi Kantuk pada Mata Pengendara Roda Empat dengan Algoritma Convolutional Neural Network.” *Journal of Computer Science and Information Systems*, Apr 24, 2024, [Online]. Available:
- [YUD25] Y. Yudhanto, “Design Science Research (DSR),” *Rumahstudio*, Dec. 11, 2025. [Online]. Available: <https://rumahstudio.com/design-science-research-dsr/> [accessed Jun 03, 2026]

LAMPIRAN

A. Lampiran Bukti Wawancara

LEMBAR WAWANCARA PENELITIAN

IDENTITAS PENELITIAN

Nama : Miftahul Huda
NPM : 223040145
Program Studi : Teknik Informatika
Universitas : Universitas Pasundan

IDENTITAS NARASUMBER

Nama : Felipe Ramdani Firmansyah
Jabatan/Posisi : Owner
Waktu Wawancara : 20 Agustus 2026
Tempat Wawancara : Tropic Juice Jl. Cibodas – Bukit Tunggul, Cibodas, Kec.
Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 4039

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa informasi yang tercantum dalam dokumen ini benar dan telah sesuai dengan keterangan yang saya berikan pada saat wawancara. Saya telah meninjau isi ringkasan ini dan menyatakan bahwa data tersebut dapat digunakan sebagai lampiran untuk kepentingan akademik dan penyusunan laporan Tugas Akhir.

Bandung, 10 September 2026

Narasumber  (Felipe Ramdani Firmansyah)	Peneliti  (Miftahul Huda)
--	---

CS | Pasundan Berprestasi Bersama Anda

TANYA JAWAB WAWANCARA

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apa saja tahapan yang harus dilewati produk jus Tropic dari awal sampai akhirnya siap disimpan atau dikirim?	Tahap pertama produksi yang meliputi (pemilihan buah, proses juice dan mencampur beberapa bahan) Tahap kedua Qc (cek rasa, cek kekentalan, dan apabila di masukan kedalam kemasan baik itu botol maupun cup kita selalu memastikan semua steril) Tahap ke tiga stock (khusus PO dalam kemasan botol. Stock botol kosong kita selalu menyetok melebihi pesanan yang sudah masuk. Untuk jus kita tidak menyetok hanya di buat secara dadakan sesuai dengan jumlah pesanan yang masuk, walaupun ada jumlah stock kita tidak menyimpan lama dan maksimal hanya 2 hari apabila produk dalam keadaan masih tersegel dan belum di buka)
2.	Apa saja kendala atau kesulitan yang paling sering dikeluhkan saat proses produksi?	Pertama saat mengecek jumlah pesanan yang sudah di buat atau belum, dan mengorganisir pesanan yang sama dan berbeda
3.	Apa jenis dan ukuran kemasan yang paling banyak diproduksi setiap harinya?	Untuk saat ini 60% cup plastik ukuran 16&22oz untuk pembelian langsung masih mendominasi dan untuk 40% botol ukuran 500ml untuk banyak botol per pesanan (Pre Order).
4.	Apakah ada maximal jumlah produksi pesanan botol 500ml perharinya	Ada, biasanya dibatasi 30-50 botol jika dilakukan 2 orang, jika 1 orang maximal 15 botol perhari
5.	Siapa pihak atau pekerja yang saat ini bertanggung jawab penuh untuk produksi, menghitung dan mencatat hasil produksi?	Untuk tahapan produksi oleh 1 pegawai dan oleh saya sebagai owner pada kondisi tertentu.
6.	Kondisi seperti apa yang mengharuskan owner ikut serta dalam produksi botol 500ml?	Ketika pesanan jus botol jumlahnya banyak khususnya di jam sibuk untuk membantu karyawan
7.	Di mana proses produksi, menghitung dan mencatat biasanya dilakukan?	Produksi di kios. selebihnya di rumah sendiri jika produksi dalam jumlah sedikit dan tempat pemesan dekat
8.	Di mana lokasi penumpukan barang sementara sebelum akhirnya dimasukkan ke dalam dus atau gudang?	Penumpukan barang menggunakan wadah sementara sebelum dihitung di kios.
9.	Kapan waktu tersibuk dalam proses produksi jus Tropic ini (misalnya, jam berapa, hari apa, atau kondisi tertentu)?	Semua tergantung quantity namun untuk hari di hari weekend sabtu dan minggu di jam 8-1 siang

No	Pertanyaan	Jawaban
10.	Kapan biasanya pengecekan total jumlah produksi dilakukan?	Setelah produksi selesai
11.	Mengapa proses pemindahan dan perhitungan saat ini dilakukan dengan cara tersebut (manual)?	Karna kurangnya sdm serta alat yang menunjang dalam pemindahan barang
12.	Menurut Anda, mengapa selisih perhitungan atau kesalahan pencatatan jumlah barang kadang masih bisa terjadi?	Karna dilakukan manual dan untuk juice sendiri ada beberapa buah yang memiliki konsistensi warna yang sama, banyaknya pesanan botol 500ml diselingi pesanan cup langsung terutama di jam sibuk sehingga dapat memicu salah hitung
13.	Bagaimana cara para pekerja memastikan tidak ada barang yang terlewat dari hitungan saat kondisi produksi sedang sangat padat?	Masih terfokus pada label
14.	Bagaimana tanggapan Anda jika scandainya ada sebuah alat bantu berupa lintasan berjalan (<i>conveyor</i>) yang bisa memindahkan jus sekaligus menghitung jumlahnya secara otomatis untuk meringankan pekerjaan karyawan?	Menurut saya bagus dan sangat membantu terutama dalam efisiensi waktu
15.	Berapa target yang ingin dicapai jika mempunyai alat yang membantu efisiensi waktu produksi jus botol?	100 botol atau lebih

B. Lampiran Dokumentasi Demonstrasi



Gambar 1 Demonstrasi Konveyor oleh Owner



Gambar.2 Demonstrasi Sistem Perhitungan



Gambar 3 Demonstrasi Monitoring Menggunakan HP



Gambar 4 Demonstrasi Sistem dan Konveyor oleh Pegawai dan Owner



Gambar 5 Dokumentasi Demonstrasi Sistem