



**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KUALITAS DAGING SAPI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP32-CAM BERBASIS
*YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:
Ahmad Syamsul Arifin
40040321650057

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

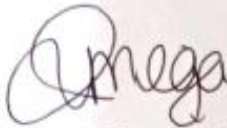
**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KUALITAS DAGING SAPI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP 32-CAM BERBASIS
*YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)***

Diajukan Oleh:
Ahmad Syamsul Arifin
40040321650057

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

DOSEN PEMBIMBING

Semarang, 5 September 2025




Megarini Hersaputri, ST, MT
NIP. 198902142020122012

Mengetahui,
Ketua

Semarang, 5 September 2025

Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, ST, M.Eng
NIP. 197009161998021001

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KUALITAS DAGING SAPI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP 32-CAM BERBASIS
YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)

Diajukan Oleh:

Ahmad Syamsul Arifin

40040321650057

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

DOSEN PEMBIMBING

Semarang, 5 September 2025

Megarini Hersaputri, ST, MT

NIP. 198902142020122012

Mengetahui,

Semarang, 5 September 2025

Ketua

Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

Priyo Sasmoko, ST, M.Eng

NIP. 197009161998021001

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KUALITAS DAGING SAPI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP 32-CAM BERBASIS
*YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)***

Disusun oleh:

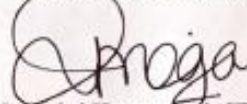
Ahmad Syamsul Arifin

40040321650057

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada 30 Maret 2026

Tim Penguji,

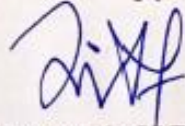
Pembimbing Pembimbing,



Megarini Hersaputri, ST, MT.

NIP. 198902142020122012

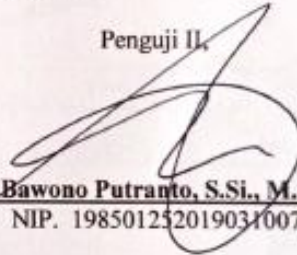
Penguji I,



Aulia Istiqomah, SS.T., M.T.

NIP. 199306122024062002

Penguji II,




Aji Bawono Putranto, S.Si., M.Si.

NIP. 198501252019031007

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Rekayasa Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng

NIP. 197009161998021001

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KUALITAS DAGING SAPI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP 32-CAM BERBASIS
YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)

Disusun oleh:

Ahmad Syamsul Arifin

40040321650057

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada 30 Maret 2026

Tim Penguji,

Pembimbing Pembimbing,

Megarini Hersaputri, ST, MT.

NIP. 198902142020122012

Penguji I,

Penguji II,

Aulia Istiqomah, SS.T., M.T.

NIP. 199306122024062002

Ari Bawono Putranto, S.Si., M.Si.

NIP. 198501252019031007

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Rekayasa Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

Privo Sasmoko., S.T., M.Eng

NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Ahmad Syamsul Arifin

NIM : 40040321650057

Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi

Judul Tugas Akhir : Rancang bangun sistem penguji kualitas daging sapi otomatis menggunakan ESP32-Cam berbasis *you only look once* (yolo).

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ini ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 30 Maret 2026

Penulis,



Ahmad Syamsul Arifin

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Ahmad Syamsul Arifin
NIM : 40040321650057
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : Rancang bangun sistem penguji kualitas daging sapi otomatis menggunakan ESP32-Cam berbasis *you only look once* (yolo).

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ini ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 30 Maret 2026

Penulis,

Ahmad Syamsul Arifin

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul "Rancang Bangun Sistem Penguji Kualitas Daging Sapi Otomatis Menggunakan ESP 32- Cam Berbasis *You Only Look Once (YOLO)*". Tersusunya laporan ini tentu tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah Subhannahu Wa Ta'ala, atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Prof Dr.Ir. Budiyo, M.Si., Selaku Dekan Sekolah Vokasi.
3. Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., Selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi.
4. Megarini Hersaputri, S.T., M.T., Selaku dosen pembimbing saya yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir ini terimakasih ibu.
5. Kedua orang tua saya yaitu Bapak Sunarno dan Ibu Nina Gantini tak lupa juga kepada kakak-kakak saya yaitu Nurul Wida Pratiwi dan Alfian Dwi Prasetyo serta semua saudara saya lainnya yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini, tidak juga terlepas dari do'a dari kalian semua kepada penulis.
6. Rekan-rekan Mavros Kavalaris 21, yang telah menjadi teman selama perkuliahan maupun setelahnya, dan menjadi support dalam penyelesaian tugas laporan tugas akhir penulis.
7. Kepada Salsabila Intan Cahaya yang telah membantu menyelesaikan dan memberi pelajaran tentang bertahan saya ucapkan terimakasih banyak.

Penulis berharap dengan adanya Laporan Tugas Akhir ini menjadi suatu manfaat umumnya bagi pembacanya dan khususnya bagi penulis sendiri.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL	xviii
INTISARI	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	2
1.4 Manfaat Tugas Akhir	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Proposal Tugas Akhir	4
BAB II	5
DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Daging	6
2.3 Formalin (Formaldehida).....	8
2.4 Deep Learning	8
2.5 Deteksi Objek	9
2.4.1 Algoritma Yolo (You Only Look Once).....	11
2.4.2 YOLOv5ss.....	12
2.4.3 Evaluasi Performa Object Detection.....	15
2.4.4 OpenCV.....	17
2.6 Komponen dan Software Yang Digunakan	17
2.6.1 Power Supply Unit	17

2.6.2	Arduino Atmega 2560	19
2.6.3	ESP32-Cam	22
2.6.4	Sensor MQ-138	23
2.6.5	Sensor IR (<i>infra-red</i>) Proximity.....	25
2.6.6	Motor Servo.....	26
2.6.7	LM2596 (Konverter Buck Dc-Dc Stepdown).....	27
2.6.8	Belt Konveyer.....	28
2.6.9	Timming belt dan Pulley	29
2.6.10	Motor DC Power Window.....	29
2.6.11	Power Supply Unit 12V 30A.....	31
2.6.12	Push Button	32
2.6.13	Driver Motor BTS7960	32
2.6.14	Google Colab	35
2.6.15	RoboFlow.....	36
2.6.16	Python	38
2.6.17	Firebase (opsional)	38
2.6.18	Arduino IDE.....	39
2.6.19	Ultralytics.....	40
2.6.20	Visual Studio Code.....	40
BAB III		41
METODE PENELITIAN.....		41
3.1	Diagram Blok dan Flowchart	41
3.1.1	Blok diagram sistem	41
3.1.2	Blok diagram perangkat keras	41
3.1.3	Rangkaian elektrikal keseluruhan	43
3.1.4	Flowchart sistem utama	46
3.1.1	Flowchart YOLOv5s	48
3.2	Perancangan Model Deteksi.....	50
3.2.1	Fase Pra-Pemrosesan Data.....	51
3.2.2	Fase Pelatihan dan Validasi	52
3.2.3	Fase <i>Deployment</i> model akhir.....	53
3.3	Proyeksi 3D perangkat keras sistem.....	54
3.4	Spesifikasi dan fitur	57
3.5	Prinsip kerja	60

3.6	Teknik Fabrikasi	61
3.6.1	Alat dan Bahan	61
3.6.2	Perancangan perangkat keras	62
3.6.3	Perancangan sistem YOLO.....	69
BAB IV		78
ANALISA DAN PENGUJIAN.....		78
4.1	Hasil Pengujian Fungsionalitas Komponen.....	78
4.1.1	Pengujian Power Supply Unit 12V 20A Dan <i>Stepdown</i> LM2596.....	78
4.1.2	Pengujian Arduino Atmega 2560.....	81
4.1.3	Pengujian Sensor IR Proximity.....	82
4.1.4	Pengujian Sensor MQ-138 (<i>Formaldehida</i>).....	84
4.1.5	Pengujian Motor DC Power Window	86
4.1.6	Pengujian Motor Driver BTS7960.....	90
4.1.7	Pengujian Performa YOLOv5ss	92
4.1.8	Pengujian ESP32-Cam	94
4.1.9	Pengujian "Repeatability" (Kestabilan Sensor).....	96
4.1.10	Pengujian Kalibrasi Posisi (<i>Mechanical Alignment</i>).....	97
4.1.11	Pengujian Motor Servo SG90.....	99
4.2	Hasil Pengujian Sistem	100
4.2.1.	Pengujian sistem utama	101
4.2.2.	Pengujian YOLOv5ss.....	107
4.3	Analisa Keseluruhan Hasil Pengujian	116
4.3.1	Analisis Performa Komponen Hardware	116
4.3.2	Validasi Deteksi Hybrid (Visual & Kimia).....	117
BAB V		118
KESIMPULAN DAN SARAN.....		118
5.1	Kesimpulan.....	118
5.2	Saran	119
DAFTAR PUSTAKA		120
LAMPIRAN.....		122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Deteksi objek algoritma yolo.....	11
Gambar 2. 2	Arsitektur YOLOv5s	12
Gambar 2. 3	Tahap penelitian YOLOv5s.....	13
Gambar 2. 4	Proses konvolusi gambar.....	14
Gambar 2. 5	Tabel confusion matrix.....	16
Gambar 2. 6	Power Supply 12V 30A.....	18
Gambar 2. 7	Arduino Atmega 2560.....	19
Gambar 2. 8	ESP32-Cam.....	22
Gambar 2. 9	Modul MQ-138 dan skematik elektrik	24
Gambar 2. 10	Modul IR proximity dan skematiknya.....	26
Gambar 2. 11	Modul Motor servo SG90 360°.....	27
Gambar 2. 12	Modul stepdown 12v-3.3V dan skematiknya.....	28
Gambar 2. 13	Belt Konveyer.....	29
Gambar 2. 14	Timing Belt and Pulley.....	29
Gambar 2. 15	Motor DC Power Window.....	30
Gambar 2. 16	Power supply 12V 30A.....	31
Gambar 2. 17	Komponen pushbutton.....	32
Gambar 2. 18	Driver Motor BTS7960.....	33
Gambar 2. 19	Schematic BTS7960.....	34
Gambar 2. 20	Software pendukung Google Collab.....	36
Gambar 2. 21	Software pendukung roboflow.....	36
Gambar 2. 22	Software pendukung python.....	38
Gambar 2. 23	Software pendukung firebase.....	39
Gambar 2. 24	Arduino IDE.....	39
Gambar 2. 25	Tampilan Arduino IDE.....	40

Gambar 3. 1	Diagram blok sistem open loop.	41
Gambar 3. 2	Diagram blok sistem keseluruhan.....	42
Gambar 3. 3	Diagram komponen alat utama sistem.....	44
Gambar 3. 4	Diagram wiring alat keseluruhan.....	44
Gambar 3. 5	Flowchart sistem keseluruhan.....	47
Gambar 3. 6	Flowchart sistem YOLOv5s.	48
Gambar 3. 7	Alur proses perancangan model deteksi	50
Gambar 3. 8	Model desain 3D alat.....	55
Gambar 3. 9	Model desain 3D gambar tampak atas alat atas dan belakang.....	56
Gambar 3. 10	Pemasangan Pulley dan belt	63
Gambar 3. 11	Pemasangan ESP32-Cam di conveyor.....	66
Gambar 3. 12)	Pengambilan gambar dan tampilan dengan menggunakan ESP32-Cam	71
Gambar 3. 13	Merupakan tahap pembuatan model pada roboflow.....	73
Gambar 3. 14	Tahap lanjutan dari roboflow agar model yolo sempurna dibuat .	75
Gambar 3. 15	Tampilan Vscode setelah model berhasil dibuat	76
Gambar 3. 16	Tampilan python jika sudah RUN di vscode.....	77
Gambar 4. 1	Pengujian Power Supply Unit dengan Stepdown LM2945	79
Gambar 4. 2	Hasil Pengukuran Jarak benda menggunakan sensor Infra-red Proximity..	83
Gambar 4. 3	Pengujian Modul sensor MQ-138 dibantu dengan Motor servo menentukan kadar uap bersih dan berformalin.....	86
Gambar 4. 4	Pengujian motor DC power window	87
Gambar 4. 5	Grafik motor DC power window	88
Gambar 4. 6	Pengujian Driver motor BTS7960.....	91
Gambar 4. 7	Prediction Val-batch	92
Gambar 4. 8	Pengujian hasil Performa YOLOv5s.....	93
Gambar 4. 13	Hasil percobaan pengujian ESP-32Cam.....	94
Gambar 4. 14	Pengujian waktu pulih sensor MQ-138.....	97
Gambar 4. 15	Pengujian Kalibrasi posisi.....	98
Gambar 4. 16	Pengujian Komponen Motor Servo Sg90.....	99
Gambar 4. 17	Confussion Matrix	107
Gambar 4. 18	Grafik Precision Recal Curve.....	109

Gambar 4. 19 Grafik Precision–Recall Model	110
Gambar 4. 20 Grafik Precision-Confidence Curve	110
Gambar 4. 21 Grafik Recall–Confidence Curve	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	5
Tabel 2. 2 Spesifikasi Power Supply 12V 20A	19
Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino Atmega 2560.	20
Tabel 2. 5 Tabel spesifikasi ESP32-Cam.	22
Tabel 2. 6 Spesifikasi modul sensor MQ-138 (formaldehida).	24
Tabel 2. 7 Spesifikasi modul IR proximity.	26
Tabel 2. 8 Spesifikasi motor servo sg90.....	27
Tabel 2. 9 Spesifikasi modul stepdown lm2596.....	28
Tabel 2. 10 Spesifikasi motor dc power window.	30
Tabel 2. 11 Spesifikasi power supply 12V 30A.	32
Tabel 2. 12 Spesifikasi driver motor BTS7960.	34
Tabel 3. 1 Konsumsi Daya Sistem	58
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian PSU 12V 20A Tanpa Beban	79
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian PSU 12V 20A Beban	80
Tabel 4. 3 Pengujian Fungsional Arduino Atmega 2560	82
Tabel 4. 4 Pengujian Sensor IR Proximity	83
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Gas MQ-138 (Formaldehida).....	84
Tabel 4. 6 Pengujian Kecepatan Konveyor	90
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Driver Motor BTS7960.....	91
Tabel 4. 8 Pengujian Performa YOLOv5ss (dilanjutkan di page selanjutnya)	93
Tabel 4. 9 Pengujian ESP32-Cam waktu kirim gambar (WIFI)	95
Tabel 4. 10 Pengujian ESP32-Cam Hasil Tangkapan Objek Berdasarkan Ukuran	96
Tabel 4. 11 Pengujian Jeda Waktu Pemulihan Sensor MQ-138 (Recovery Time)	96
Tabel 4. 12 Pengujian Ketepatan Posisi Berhenti (Stop Accuracy)	98
Tabel 4. 13 Pengujian Motor Servo Tanpa Beban	99
Tabel 4. 14 Pengujian Motor Servo Dengan Beban	100
Tabel 4. 15 Skenario Alur Kerja Sistem (Hybrid Testing).....	102
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Klasifikasi dan Pemilahan Daging Otomatis	103

Tabel 4. 17 Pengujian Kecepatan Respon (Latency Testing).....	104
Tabel 4. 18 Pengujian Keandalan Terhadap Cahaya.....	105
Tabel 4. 19 Pengujian Beban Mekanik (Konveyor).....	106
Tabel 4. 20 Pengujian Kondisi Objek.....	113
Tabel 4. 21 tabel pengujian lingkungan real-time	114
Tabel 4. 22 Tabel Pengujian Kecepatan	115

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Datasheet Arduino Atmega 2560.....	122
Lampiran 2. Datasheet Motor Servo SG90	123
Lampiran 3. Datasheet Stepdown LM2596.....	124
Lampiran 4. Datasheet Sensor Proximity Infrared E18-D80NK	125
Lampiran 5. Datasheet ESP32-Cam.....	127
Lampiran 6. Datasheet Motor Driver BTS7960.....	128
Lampiran 7. Pembuatan Skematik PCB Komponen Elektrik	130
Lampiran 8. Pembuatan PCB Komponen Elektrik	130
Lampiran 9. Datasheet Motor DC Power Window	131
Lampiran 10. Datasheet Pushbutton dan Emergency button	132
Lampiran 11. Datasheet Pilot Lamp.....	134
Lampiran 12. Script code seluruh sistem disimpan pada google drive ini:.....	134

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Simbol	Nama Parameter	Satuan
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> (Input kontrol kecepatan)	0-255
V	Tegangan operasional	<i>Volt (V)</i>
I	Arus listrik yang dikonsumsi	<i>Ampere (A)</i>
P	Daya listrik	<i>Watt (W)</i>
z_1	Jumlah gigi pada <i>pulley</i> motor (kecil)	-
z_2	Jumlah gigi pada <i>pulley</i> roller (besar)	-
i	Rasio transmisi (<i>gear</i> <i>ratio</i>)	-
T_{out}	Torsi output pada poros roller	<i>Newton – meter(Nm)</i>
F	Gaya tarik konveyor	<i>Newton (N)</i>
D	Diameter roller konveyor	<i>meter (m)</i>
m	Massa beban (daging sapi)	Kg/gram
Hcho	Formaldehida	Ppm (Parts Per Million)
Fps	<i>Frames per Second</i>	Kecepatan pemrosesan gambar oleh algoritma YOLO.
Ω	Ohm	Nilai resistansi pada rangkai sensor.
% (Persen)	Persentase	Tingkat akurasi,
YOLOv5s	<i>You Only Look Once</i> <i>version 5</i>	Algoritma deteksi objek)
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>	Sinyal pengatur motor servo
mAP	mean Average Precision	Akurasi rata-rata deteksi visual
VCC	Voltage Common Collecto	Input tegangan positif

INTISARI
RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KUALITAS DAGING SAPI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP 32-CAM BERBASIS
YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)

Ahmad Syamsul Arifin

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Daging sapi merupakan sumber protein hewani utama yang sangat rentan terhadap penurunan kualitas akibat aktivitas mikroorganisme dan penggunaan bahan pengawet berbahaya seperti formalin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem penguji kualitas daging sapi otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP32-CAM dengan integrasi parameter visual serta kimia. Sistem ini memanfaatkan algoritma *You Only Look Once* versi 5 (*YOLOv5ss*) untuk mendeteksi kesegaran daging melalui analisis warna dan tekstur, serta sensor MQ-138 untuk mendeteksi kandungan formalin secara *real-time*. Proses pemindaian dilakukan di atas konveyor dengan validasi ganda (*hybrid testing*) untuk menutupi kelemahan deteksi visual murni. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *YOLOv5ss* mencapai tingkat presisi 94,5% dan mAP 93,8% pada tahap pelatihan. Secara keseluruhan, sistem mampu mengklasifikasikan dan memilah daging sapi dengan akurasi operasional mencapai 95%, di mana waktu respons dari pengambilan gambar hingga tindakan aktuator motor servo berlangsung sekitar 3,1 detik.

Kata Kunci: *Arduino Mega 2560, YOLOv5ss, Formalin, MQ-138, Pengujian Kualitas Daging, Hybrid Detection.*

ABSTRACT
**"DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED BEEF QUALITY
INSPECTION SYSTEM USING ESP32-CAM BASED ON
YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)"**

Ahmad Syamsul Arifin

Automation Engineering Technology, Vocational School, Diponegoro University

Beef is a primary source of animal protein that is highly susceptible to quality degradation caused by microorganism activity and the use of harmful preservatives such as formalin. This research aims to design and develop an automated beef quality inspection system using the Arduino Mega 2560 microcontroller and ESP32-CAM, integrating both visual and chemical parameters. The system utilizes the You Only Look Once version 5 (YOLOv5ss) algorithm to detect meat freshness through color and texture analysis, alongside an MQ-138 sensor for real-time formaldehyde detection. The inspection process is carried out on a conveyor belt using a dual validation method (hybrid testing) to overcome the limitations of purely visual detection. Testing results indicate that the YOLOv5ss model achieved a precision rate of 94.5% and a mAP of 93.8% during the training phase. Overall, the system is capable of classifying and sorting beef with an operational accuracy of 95%, with a response time of approximately 3.1 seconds from image acquisition to servo motor actuator movement.

Keywords: *Arduino Mega 2560, YOLOv5ss, Formalin, MQ-138, Meat Quality Assessment, Hybrid Detection.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia adalah daging sapi. Tahun 2022 produksi daging sapi sebesar 499,71 ribu ton, dari total produksi daging 4.947,39 ribu ton atau memberikan kontribusi hingga 10,10% terhadap produksi daging nasional (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2023). [1]

Kualitas daging sapi yang optimal ditandai oleh tekstur kencang, warna cerah, dan aroma segar. Kondisi ini mencerminkan integritas struktural dan keamanan konsumsi. Sebaliknya, penurunan kualitas ditandai dengan perubahan signifikan: tekstur lembek, warna gelap/kecoklatan (akibat oksidasi), dan bau busuk/asam yang menyengat. Perubahan ini disebabkan oleh proses dekomposisi protein dan lemak, yang dipercepat oleh pertumbuhan mikroorganisme (bakteri, jamur) dari lingkungan. Pertumbuhan mikroorganisme terjadi ketika daging disimpan pada kondisi yang tidak optimal, seperti suhu atau kelembapan yang tidak terkontrol, sehingga menyebabkan penurunan kualitas daging secara drastis[2].

Untuk mengatasi dari tantangan diatas agar lebih efisien dalam memilih kualitas daging maka dari itu penulis mengusulkan penerapan Algoritma *You Only Look Once* versi 5 (YOLOv5s). Seperti peneliti sebelumnya oleh Azis et al. menunjukkan bahwa sistem identifikasi daging berbasis YOLO dan webcam mampu mendeteksi kesegaran daging sapi dengan akurasi mencapai 87,89%. Sistem tersebut juga dapat mengintegrasikan sensor formalin (HCHO) untuk mendeteksi keberadaan bahan pengawet berbahaya, memperkuat aspek keamanan konsumen [3], Tetapi sistem ini tidak begitu lengkap maka dari itu penulis memberikan inovasi atau perbandingan penggunaan komponen berupa penggunaan ESP32-Cam yang digunakan untuk menjadi kamera dan juga mengurangi penggunaan kabel agar lebih efisien dan menambahkan sistem sortir pada alat yang akan dibuat[4].

Untuk komponen utama yang digunakan yaitu: tentunya *microcontroller* Arduino ATmega 2560 dan ESP32-Cam, Sensor HCHO (MQ-138), PSU (*Power Supply Unit*) 12V 30A, Converter 12V to 5V, *Motor DC Power Window* 12V, *Motor Driver* BTS7960 Dan *Aluminium Profile* sebagai fondasi dari konveyer.

Berdasarkan masalah diatas yang telah diuraikan penulis menjadikan alat pendeteksi kesegaran daging ini sebagai tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Penguji Kualitas Daging Sapi Otomatis Menggunakan ESP32-Cam Berbasis *You Only Look Once* (Yolo)” guna membantu konsumen untuk mengetahui daging itu segar atau tidak segar maupun terkandung formalin. Dan pada penelitian sebelumnya, mungkin alat dari penelitian Aziz et al itu mendapatkan akurasi 87,89% bisa dikarenakan masih menggunakan webcam dan kabelnya kurang fleksibel dengan menggunakan ESP32-Cam ini nirkabel lebih cukup efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem kombinasi YOLO (*you look only once*) dan sensor tambahan (seperti MQ-138) untuk mendeteksi formalin pada daging sapi?
2. Bagaimana mengintegrasikan sensor MQ-138 dengan sistem berbasis YOLO (*you look only once*) untuk mendeteksi formalin sekaligus kesegaran daging dalam satu waktu?
3. Bagaimana algoritma YOLO (*you look only once*) diimplementasikan secara *real-time*?
4. Bagaimana evaluasi dari kinerja alat pendeteksi daging otomatis?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari tugas akhir yang dibawakan, Antara lain;

1. Merancang sistem kombinasi YOLO (*you look only once*) dan sensor tambahan (seperti MQ-138) untuk mendeteksi formalin pada daging sapi.

2. Mampu mengintegrasikan sensor MQ-138 dengan sistem berbasis YOLO (*you look only once*) untuk mendeteksi formalin sekaligus kesegaran daging dalam satu waktu.
3. Merancang algoritma YOLO (*you look only once*) dan mengimplementasikan secara *real-time*.
4. Mengevaluasi dari kinerja alat pendeteksi daging otomatis.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat yang diberikan bagi penulis, Antara lain;

1. Sebagai sarana dalam pengaplikasian ilmu yang diterima selama menempuh pembelajaran saat perkuliahan.
2. Mengurangi ketergantungan pada metode manual yang subjektif dalam pemilihan daging segar dan tidak segar/ formalin.
3. Dengan diterapkannya sistem deteksi ini, diharapkan risiko konsumsi daging yang tidak layak dapat dikurangi, sehingga kesehatan masyarakat dapat lebih terjamin. Membantu dalam meningkatkan mutu dari kualitas daging dengan memisahkan daging segar dan tidak segar pada daging sapi.

1.5 Batasan Masalah

Agar penyusunan Tugas Akhir ini dapat lebih ter-arah, maka terdapat batasan-batasan masalah pada alat, yaitu, Sebagai berikut:

1. Alat ini dikhususkan untuk daging sapi tidak daging lain.
2. Hanya teruji pada daging sapi dengan ketebalan 1-3 cm, panjang 1-5cm, Dan lebar 1-3 cm saja.
3. Sistem hanya membedakan daging segar dan tidak segar berdasarkan ciri visual.
4. Sensor HCHO (MQ-138) hanya mendeteksi formalin volatile (menguap diudara), tidak untuk formalin yang sudah terikat dalam jaringan.
5. Pengujian dilakukan pada lingkungan dengan pencahayaan yang telah diatur dan dikondisikan agar tetap stabil, sehingga pengaruh dari faktor eksternal seperti bayangan maupun perubahan cahaya dapat diminimalkan.

6. Pendeteksian daging sapi tidak melibatkan metode lain hanya dari tampilan visual.
7. Alat ini difokuskan dalam image processing saja, Tidak untuk kecepatan motor konveyer.

1.6 Sistematika Proposal Tugas Akhir

Proposal Tugas Akhir ini dibagi menjadi tiga bab yang saling berhubungan satu sama lain. Sistematika penulisan dan pembahasan dalam penulisan ini yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada BAB ini akan dibahas hal yang melatarbelakangi pembuatan suatu alat atau sistem pada Tugas Akhir, rumusan masalah alat atau sistem, tujuan alat atau sistem, manfaat alat atau sistem, batasan masalah alat atau sistem, dan juga sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Pada BAB ini akan dibahas tinjauan pustaka yang berisikan mengenai penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dan juga teori-teori tentang komponen maupun *tools* yang dipakai dalam pembuatan Tugas Akhir.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada BAB ini akan dibahas mengenai tentang komponen komponen yang dibutuhkan untuk pembuatan alat, BAB ini juga membahas tentang bagaimana sistem berjalan, spesifikasi sistem dan teknik fabrikasinya.

BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada BAB ini membahas terkait pengujian alat dan sistem serta analisa alat yang sudah dirancang sebelumnya.

BAB 5 PENUTUP

Pada BAB ini membahas terkait kesimpulan yang didapatkan dari hasil yang sudah diuji dan dianalisa serta saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini memuat referensi penulisan serta sumber yang dikutip oleh penulis.

LAMPIRAN

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas tinjauan pustaka yang berisikan mengenai penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dan juga teori-teori tentang komponen maupun *tools* yang dipakai dalam pembuatan rancang bangun sistem pengujian kualitas daging sapi otomatis menggunakan ESP32-Cam berbasis *You Only Look Once* (YOLO).

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah dilakukan studi literatur baik dari konferensi internasional maupun beberapa jurnal dan *paper*, didapatkan beberapa penelitian yang menjadi inspirasi. Beberapa penelitian bisa dilihat di **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

NO	Judul Penelitian	Keterangan	Penulis
1	Identifikasi Kandungan Formalin dan Kesegaran Daging Sapi dengan Image Processing	Penelitian ini berhasil mengidentifikasi kandungan formalin dengan sensor HCHO dan mendeteksi tingkat kesegaran daging sapi menggunakan metode YOLO secara real-time dengan tingkat akurasi identifikasi yang menurun seiring waktu penyimpanan.	Sayyid Abdul Aziz, Zulaika, Aan Febriansyah, Nur Khasanah.
2	Klasifikasi Kesegaran Daging Sapi Menggunakan Deep Learning Arsitektur VGG16 dengan Augmentasi Citra.	Penelitian ini berhasil mengklasifikasikan kesegaran daging sapi menggunakan metode CNN arsitektur VGG16 dengan akurasi tertinggi sebesar 97,14% dan validasi mencapai 98,68% setelah dilakukan augmentasi citra dan pelatihan model.	Benny Elia, Dewa Made Bayu Atmaja Darmawan.

3	Sistem Identifikasi Kualitas Daging Sapi dengan Metode Pengolahan Citra Menggunakan Telepon Seluler dengan Sistem Operasi Android.	Penelitian ini berhasil mengidentifikasi kualitas daging sapi berdasarkan marbling score menggunakan pengolahan citra pada smartphone Android dengan algoritma pohon keputusan, menghasilkan akurasi sebesar 90% pada data pelatihan dan 84% pada data pengujian.	Nurul Huda Prasetyo dan Kusworo Adi.
4	Alat Pendeteksi Formalin Menggunakan Deret Sensor HCHO dan MQ-7 dengan Logika <i>Fuzzy</i>	Penelitian ini Membuat alat pendeteksi formalin yang cepat dan praktis dengan menggabungkan dua jenis sensor gas dan logika <i>fuzzy</i> untuk memberikan hasil yang lebih informatif (kadar PPM dan tingkat bahaya).	Cyntiya Laxmi Haura, Indri yanti, Muh pausan.

2.2 Daging

Daging merupakan bahan pangan hewani yang memiliki nilai gizi tinggi. Komposisinya terdiri atas sekitar 75% air, 19% protein, 3,5% senyawa non-protein terlarut, dan 2,5% lemak. Menurut Departemen Pertanian (2009), terdapat sejumlah parameter utama untuk menilai kualitas daging segar, yaitu:

1. Warna menjadi indikator visual pertama dalam menilai kesegaran daging. Warna ini ditentukan oleh kadar dan kondisi pigmen mioglobin, yang dipengaruhi oleh jenis dan umur hewan, pola pakan, aktivitas otot, serta reaksi kimia pasca pemotongan. Daging sapi segar idealnya berwarna merah cerah. Segera setelah pemotongan, warna daging biasanya tampak merah keunguan, lalu berubah menjadi merah cerah setelah terpapar udara selama 5–15 menit. Jika dibiarkan terlalu lama terkena udara, warnanya akan memudar menjadi merah kecoklatan atau coklat, menandakan penurunan kualitas.

2. Aroma

Daging segar memiliki aroma khas yang segar dan alami, tanpa bau busuk. Aroma ini dipengaruhi oleh jenis hewan, jenis kelamin, umur, pola makan, serta lama dan kondisi penyimpanan. Daging dari hewan jantan dan hewan tua cenderung memiliki aroma lebih kuat dibandingkan betina atau hewan muda. Kerusakan daging biasanya ditandai oleh munculnya bau menyengat akibat terbentuknya senyawa hasil dekomposisi protein oleh mikroorganisme, seperti amonia, hidrogen sulfida (H₂S), indol, dan amin (Kastanya, 2009).

3. Tekstur daging segar bersifat kenyal, tidak keras atau kaku, dan akan kembali ke bentuk semula saat ditekan. Daging yang mulai rusak akan terasa lunak, lembek, dan mudah hancur saat disentuh.
4. Daging segar memiliki permukaan yang kering, tidak berlendir, dan tidak lengket saat disentuh. Sebaliknya, daging busuk terasa lengket dan licin, disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme di permukaan daging.

Kualitas daging dapat dipengaruhi faktor sebelum dan sesudah di pemotongan. Faktor yang dapat mempengaruhi kualitas daging sebelum pemotongan seperti faktor genetik, spesies, jenis kelamin, umur, dan pakan ternak. Sementara faktor yang mempengaruhi kualitas daging setelah pemotongan meliputi metode pelayuan daging, metode pemasakan, kandungan PH daging, serta cara penyimpanan daging yang salah.[9]

Bisa dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2. 1 Daging sapi segar dan tidak segar

2.3 Formalin (Formaldehida)

Formalin (formaldehida) merupakan senyawa kimia yang mengandung sekitar 37% formaldehida dan 15% methanol. Formalin adalah cairan yang tidak memiliki warna namun memiliki bau yang sangat menyengat. Larutan formalin adalah senyawa kimia berbahaya dan beracun. Formalin mudah larut dalam air dan terdapat sekitar 37% formaldehida dalam air, digunakan sebagai disinfektan dan untuk mengawetkan spesies biologi. Formalin biasanya digunakan untuk mengawetkan hewan, serangga kecil bahkan manusia salah satunya digunakan untuk mengawet daging, baik itu daging sapi, ayam dan juga daging ikan. Penggunaan formalin pada makanan dapat menyebabkan kerusakan sel yang mengakibatkan kerusakan pada tubuh. Berikut contoh formalin dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 Formalin kadar 37%

2.4 Deep Learning

Deep Learning lewat arsitektur CNN sebenarnya bekerja mirip cara otak kita mengenali benda, yaitu secara bertahap. Alih-alih diberi instruksi kaku, sistem ini belajar sendiri membedah gambar—mulai dari melihat coretan garis sederhana di lapisan awal, sampai akhirnya paham bentuk utuh objek di lapisan yang lebih dalam. Hebatnya lagi, model ini bisa terus memperbaiki diri melalui proses *backpropagation* agar prediskinya makin akurat.

Kecepatan deteksinya pun makin luar biasa berkat algoritma seperti YOLOv11 yang mampu memindai seluruh bagian gambar secara instan lewat sistem *grid*. Supaya hasilnya maksimal, para pengembang biasanya mengutak-

atik *learning rate* dan *optimizer* untuk menekan tingkat kesalahan. Pada akhirnya, kualitas "kecerdasan" ini diukur lewat metrik seperti *Precision* dan *mAP* untuk menjamin mesin tetap tangguh mengenali objek meski kondisi cahaya atau latar belakangnya berantakan.

2.5 Deteksi Objek

Deteksi objek merupakan salah satu aspek penting dalam bidang *computer vision*, di mana sistem dirancang untuk mengenali dan menentukan posisi objek-objek tertentu dalam suatu gambar. Dengan kemajuan teknologi *deep learning*, pendekatan yang paling banyak digunakan untuk melakukan tugas ini adalah dengan memanfaatkan jaringan saraf konvolusional (*Convolutional Neural Network* atau CNN). CNN berperan dalam mengekstraksi fitur visual dari gambar, yang kemudian digunakan untuk mengenali objek di dalamnya. Beberapa arsitektur CNN yang sering digunakan dalam deteksi objek antara lain R-CNN (*Region-Based Convolutional Neural Network*), SSD (*Single Shot MultiBox Detector*), serta YOLO (*You Only Look Once*). Masing-masing dari model ini dirancang untuk menghasilkan *bounding box*, yaitu kotak pembatas yang menunjukkan lokasi objek yang berhasil terdeteksi dalam gambar. Selain *bounding box*, deteksi objek juga melibatkan *ground truth*, yaitu informasi lokasi sebenarnya dari objek yang digunakan sebagai acuan.

Deteksi objek merupakan pengembangan dari klasifikasi gambar yang bertujuan untuk mengidentifikasi kategori sekaligus melokalisasi posisi objek dalam sebuah bingkai visual. Proses ini dibagi menjadi 2 yang dikerjakan sistem yaitu:

1. Klasifikasi Objek (*Object Clasification*) proses ini menentukan label atau indentitas benda yang tertangkap kamera, Seperti membedakan daging segar dan tidak segar.
2. Lokalisasi Objek (*Object Localization*) proses ini menentukan kordinat spesifik keberadaan benda, yang biasanya direpresentasikan dalam bentuk kotak pembatas atau *Bounding Box*.

Untuk menilai seberapa akurat prediksi lokasi objek tersebut, digunakan suatu metrik evaluasi yang dikenal sebagai *Intersection over Union* (IoU). Nilai IoU dihitung berdasarkan perbandingan antara area tumpang tindih antara *bounding box* hasil prediksi dan *ground truth*, terhadap gabungan area keduanya. Rumus matematisnya adalah:

$$\text{IoU} = \frac{|\text{Predicted Box} \cap \text{Ground Truth}|}{|\text{Predicted Box} \cup \text{Ground Truth}|} \quad (2.1)$$

Nilai IoU berkisar antara 0 hingga 1. Semakin mendekati 1, maka semakin akurat deteksi objek yang dilakukan oleh model. Berdasarkan nilai IoU dan hubungannya dengan data *ground truth*, deteksi objek diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori:

1. *True Positive* (TP): Objek terdeteksi dengan benar, dan nilai IoU melebihi ambang batas yang telah ditentukan.
2. *False Positive* (FP): Sistem mendeteksi objek, namun tidak ada objek yang sesuai (IoU rendah atau tidak ada padanan di *ground truth*).
3. *False Negative* (FN): Objek sebenarnya ada, tetapi tidak berhasil terdeteksi karena tidak ada prediksi yang memenuhi nilai ambang batas IoU.
4. *True Negative* (TN): Umumnya tidak digunakan dalam konteks deteksi objek, karena area kosong atau tanpa objek biasanya tidak masuk dalam perhitungan evaluasi [10].

Alur Proses Deteksi (Image Processing) proses ini menjelaskan apa yang terjadi dari kamera (ESP32-Cam) hingga perintah dikirim ke Arduino:

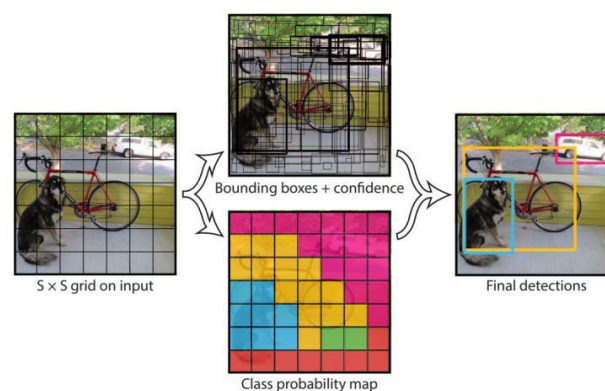
1. Preprocessing dimana gambar dari ESP32-CAM diubah ukurannya (*resize*) menjadi 640 x 640 piksel (standar YOLOv5s).
2. Inference model *best.pt* melakukan pemindaian fitur pada gambar tersebut di Laptop.

3. Non-Maximum Suppression (NMS) bekerja menghapus kotak deteksi yang tumpang tindih sehingga hanya satu kotak terbaik yang muncul di setiap potongan daging.
4. Output *Logic* jika label yang muncul adalah "Busuk" dengan *confidence* di atas 0.5 (50%), Python mengirim sinyal 'N' ke Arduino.

2.4.1 Algoritma Yolo (You Only Look Once)

YOLO adalah algoritma deteksi objek real-time yang menggabungkan proses klasifikasi dan pelokalan objek dalam satu tahap komputasi. Tidak seperti metode dua tahap seperti R-CNN yang memanfaatkan *region proposals* (misalnya Selective Search) sebelum klasifikasi dan regresi, YOLO langsung membagi gambar menjadi grid dan setiap grid cell memprediksi bounding box, confidence score, dan kelas objek secara langsung.

Pendekatan ini menjadikan deteksi objek sebagai masalah regresi tunggal, sehingga jauh lebih cepat dan efisien. Setiap bounding box terdiri dari lima nilai: koordinat pusat (x, y), dimensi (w, h), dan confidence score. Karena bersifat end-to-end, YOLO sangat cocok untuk aplikasi waktu nyata. Bisa dilihat dibawah untuk prinsip dasar ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.

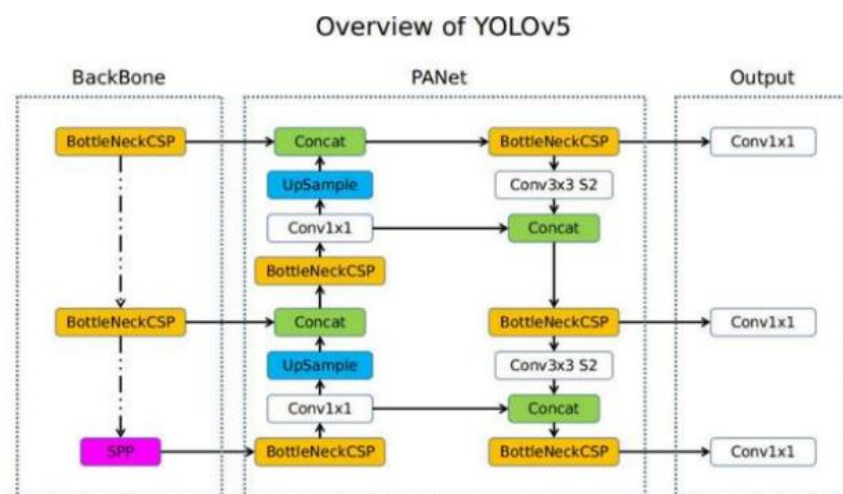


Gambar 2.3 Deteksi objek algoritma yolo.

Setiap *bounding box* yang diprediksi oleh YOLO terdiri dari lima elemen utama: koordinat pusat (x, y), lebar (w), tinggi (h), serta *confidence score* yang menunjukkan tingkat keyakinan terhadap keberadaan objek. Pendekatan ini menjadikan deteksi objek sebagai satu permasalahan regresi terpadu, bukan kombinasi klasifikasi dan pelokalan terpisah. Inilah yang membuat YOLO sangat efisien dan cepat dalam melakukan deteksi secara menyeluruh.[11]

2.4.2 YOLOv5ss

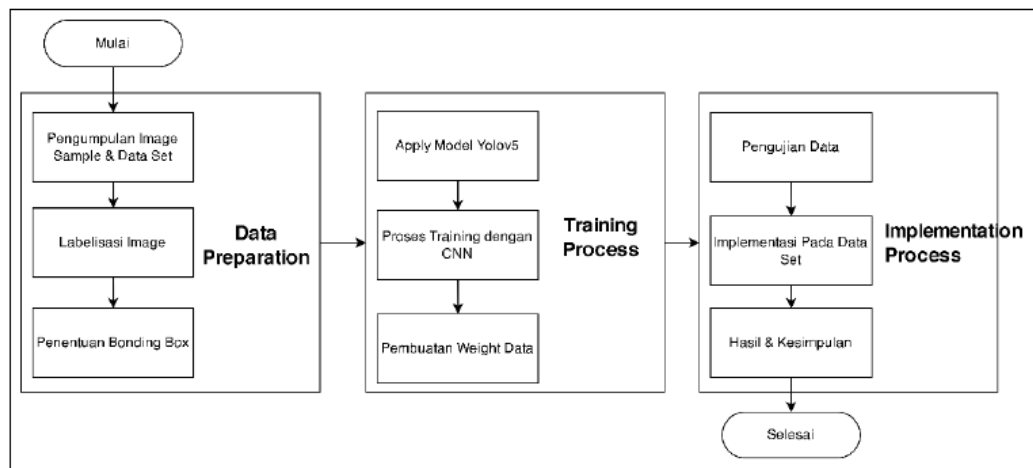
YOLOv5ss merupakan algoritma deteksi objek ganda yang dikembangkan oleh Ultralytics. Secara keseluruhan, arsitektur YOLOv5s terdiri dari tiga komponen utama: backbone, neck dan head. Dalam YOLOv5s, berbagai teknik augmentasi data diterapkan untuk meningkatkan kemampuan model dalam melakukan generalisasi dan mengurangi overfitting. Proses dimulai saat kamera ESP32-CAM secara otomatis mengambil citra daging setelah sensor infrared proximity mendeteksi keberadaan objek di belt konveyor. Citra yang diperoleh kemudian dikirim ke perangkat pemroses seperti komputer atau server yang telah dilengkapi model YOLOv5s. Untuk arsitektur YOLOv5s bisa dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Arsitektur YOLOv5ss

Pada **Gambar 2.4** sebelum masuk ke tahap inferensi, gambar melalui proses pra-pemrosesan: ukuran diubah menjadi 640×640 piksel, format warna dikonversi ke RGB, dan nilai piksel dinormalisasi. Gambar yang telah disiapkan kemudian dianalisis oleh model yang sebelumnya telah dilatih untuk mengenali ciri visual daging segar dan tidak segar.

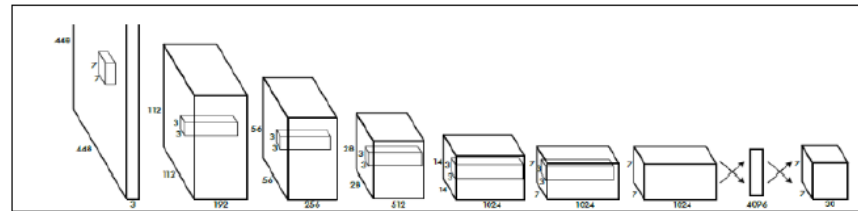
Model menghasilkan *bounding box*, nilai confidence, dan label klasifikasi untuk setiap objek yang terdeteksi. Selanjutnya, sistem menerapkan *Non-Maximum Suppression* (NMS) untuk mengeliminasi deteksi ganda dan mempertahankan hasil dengan tingkat kepercayaan tertinggi. Output akhir berupa label seperti “daging_segar” atau “daging_busuk” beserta skor confidence dikirim ke mikrokontroler Arduino Mega melalui koneksi serial. Berdasarkan informasi ini, Arduino mengendalikan motor servo untuk menyortir daging ke tempat yang ditentukan. Berikut tahapan penelitian yang akan di terapkan pada YOLOv5s ditunjukkan pada gambar **Gambar 2.5**. [12]



Gambar 2. 5 Tahap penelitian YOLOv5s.s

Terdapat 3 tahapan yang akan dilakukan yaitu: data preparation, *training* process, dan implementation. Cara kerja YOLOv5ss adalah tambahan terbaru untuk seri YOLO. YOLOv5ss ditingkatkan di atas dasar YOLOv4 dan kecepatan eksekusi sangat ditingkatkan, kecepatan tercepat mencapai 10 fps. Sementara itu, ukuran YOLOv5s kecil dan ukuran file

hampir 90% lebih kecil dari YOLOv4, yang memungkinkan implementasi YOLOv5s untuk perangkat terintegrasi. Dibandingkan dengan YOLOv4, YOLOv5s memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dan pengenalan objek kecil yang lebih baik. Cara kerja kedua dalam implementasi algoritma yolo adalah membagi objek menjadi beberapa bagian atau, *grid* tersebut bisa menjadi 9 *grid* atau lebih. dari setiap *grid* dilakukan konvolusi-konvolusi untuk mendapatkan garis-garis prediksi yang digunakan yolo untuk mendeteksi benda yang terdapat didalam *grid*.



Gambar 2. 6 Arsitektur jaringan saraf konvolusi (CNN) *Convolutional Neural Network*

Pada **Gambar 2.6** diberitahukan proses konvolusi gambar Setelah mendapatkan *grid* pada objek maka disetiap *grid* dilakukan proses perhitungan matriks, masing-masing *grid* memiliki matriks. Proses selanjutnya yakni melakukan pengisian matriks pada setiap *grid*, dalam 1 *grid* akan dilakukan pengecekan jumlah objek didalam *grid*, kemudian *grid* beberapa, titik engker dan pencarian kriteria. Proses selanjutnya adalah mengisi matriks yang memiliki prediksi objek dengan propabilitas tinggi didalam *grid*. Seperti mendapatkan ciri-ciri yang dimiliki oleh objek yang dicari. Setelah mendapatkn bonderis disetiap *grid* maka dilakukan proses menghilangkan prediksi yang memiliki propabilitas rendah dan menjadikan 1 bonderis, YOLOv5s menggunakan pendekatan *single-stage detector* yang membagi gambar ke dalam kisi-kisi (*grids*). Setiap kisi bertanggung jawab untuk memprediksi kotak pembatas (*bounding box*) dan probabilitas kelas secara bersamaan.

- Backbone (CSP-Darknet53) Berfungsi sebagai pengekstrak fitur utama dari gambar daging yang ditangkap ESP32-CAM.

- *Neck (PANet)* Menggabungkan fitur-fitur dari berbagai skala gambar agar objek kecil (1 x 1 cm) tetap terdeteksi dengan akurat.
- *Head* atau bagian akhir yang memprediksi lokasi objek, skor kepercayaan (*confidence score*), dan klasifikasi ("Segar" atau "Busuk").

Dan terakhir adalah menggunakan teknologi *INTERSECTION OVER UNION AND NON-MAX* Untuk menghasilkan prediksi akhir [13]

2.4.3 Evaluasi Performa Object Detection

Untuk menilai kinerja dan kemampuan suatu model deteksi objek, digunakan sejumlah metrik evaluasi seperti *precision*, *recall*, *mean Average Precision* (mAP), serta metode *confusion matrix* yang umum digunakan dalam evaluasi klasifikasi. *Confusion matrix* menyajikan informasi dalam bentuk tabel yang memperlihatkan perbandingan antara prediksi model dengan kondisi aktual (*ground truth*), sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai akurasi dan ketepatan klasifikasi model tersebut. Penilaian performa model memerlukan empat komponen utama, yaitu:

- True Positive (TP): Prediksi benar saat objek memang ada.
- True Negative (TN): Prediksi benar saat objek memang tidak ada.
- False Positive (FP): Model salah memprediksi ada objek, padahal tidak ada.
- False Negative (FN): Model gagal mendeteksi objek yang sebenarnya ada.

Keempat parameter ini kemudian disusun dalam sebuah *confusion matrix* seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.7** dibawah ini.[14]

TABEL 1
CONFUSION MATRIX

		Actual Class	
		Positive	Negative
Predicted Class	Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Negative	False Negative (FN)	True negative (TN)

Gambar 2. 7 Tabel confusion matrix.

Dan untuk mengetahui performa sebuah model, maka dibutuhkan suatu persamaan untuk mengetahui nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F-1 score*. Berikut persamaan dari nilai-nilai tersebut diantaranya:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{(TP+TN+FP+FN)} \times 100\% \quad (2. 2)$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (2. 3)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (2. 4)$$

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision+Recall} \quad (2. 5)$$

Nilai-nilai di atas menjadi dasar dalam menghitung *Average Precision* (AP), yang diperoleh dari area di bawah kurva *precision-recall*. Untuk mendapatkan nilai keseluruhan dari performa model terhadap semua kelas, digunakan *mean Average Precision* (mAP). Nilai mAP diperoleh dengan menghitung rata-rata dari AP pada setiap kelas, yang dapat dituliskan sebagai:

$$mAP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_0^1 p_i(r) dr \quad (2. 6)$$

2.4.4 OpenCV

OpenCV (OpenSource Computer Vision Library) adalah pustaka pemrograman open-source yang ditujukan untuk aplikasi pengolahan citra dan visi komputer secara real-time. OpenCV digunakan untuk mendukung proses preprocessing citra yang diambil dari ESP32-CAM sebelum dimasukkan ke dalam model YOLOv5s. Operasi utama dalam preprocessing mencakup resizing, konversi warna, dan normalisasi nilai piksel. Berikut tahapan dalam penggunaan Open CV:

1. Membaca gambar pada tahapan ini OpenCV akan membaca gambar terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam model YOLOv5snya.
2. *Resize* gambar pada tahap ini gambar akan di ubah ukurannya terlebih dahulu agar nantinya bisa ditampilkan ke dalam yolonya dengan rumus; $I'(x, y) = I\left(\frac{x.W}{w'}, \frac{y.H}{H'}\right)$, Dimana $W' \times H'$ adalah ukuran dari target (misalkan 640x640) sesuaikan dengan keperluan YOLOv5s.
3. Konversi Warna OpenCV menggunakan format BGR, tapi YOLOv5s s membutuhkan format RGB: `img_rgb = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)`. Codingan dari Bahasa python untuk merubah format ke RGB.
4. Normalisasi ini penting agar nilai piksel berada pada rentang 0–1 untuk mempercepat proses komputasi pada model deep learning.
5. Bounding Box Visualisasi, dengan code seperti dibawah:

`cv2.rectangle(img, (xq, x2), color, thickness)` (2. 7)

2.6 Komponen dan Software Yang Digunakan

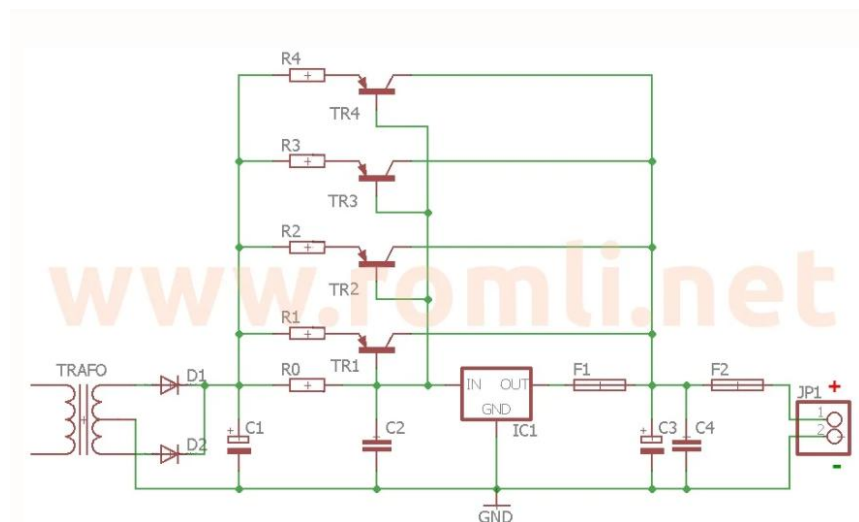
2.6.1 Power Supply Unit

Power Supply Unit atau catu daya merupakan komponen elektronik yang menyuplai energi listrik ke perangkat yang terhubung. Secara fundamental, catu daya berfungsi sebagai penyearah dan filter karena mengonversi arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Dalam penelitian ini digunakan switching power supply 12 V 20 A, yang bekerja

melalui empat tahap utama penyearahan, penyaringan, regulasi, dan proteksi internal.



(a) Power Supply Unit



(b) Skematik rangkaian PSU

Gambar 2.8. *Power Supply 12V 30A* (a) Modul PSU; (b) Skematik PSU

PSU ini dipilih karena mampu menyediakan arus besar secara kontinu, serta memiliki stabilitas tegangan yang baik untuk supply mesin sortir daging. Tegangan keluaran 12 V dari PSU selanjutnya didistribusikan jalur daya terpisah agar setiap kelompok aktuator memperoleh suplai yang sesuai dengan spesifikasi komponennya. Dengan

desain seperti ini, sistem catu daya mampu memberikan suplai yang stabil meskipun seluruh aktuator bekerja secara bersamaan. Spesifikasi Power Supply disajikan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Spesifikasi *Power Supply 12V 20A*

Parameter	Deskripsi
Output Voltage	12 Volt DC
Max Output Current	10 Ampere
Daya Maksimum (Power Output)	240 Watt
Jenis Output	DC Regulated Output

2.6.2 Arduino Atmega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega2560. Papan ini dilengkapi dengan 54 pin digital input/output (di antaranya 15 dapat diatur sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART untuk port serial perangkat keras, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Papan ini menyediakan semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; cukup hubungkan ke komputer menggunakan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC-ke-DC atau baterai untuk memulai seperti **Gambar 2.9** contoh fisik dari Arduino Atmega 2560.



Gambar 2. 9 Arduino Atmega 2560.

Tentunya *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 ini memiliki spesifikasi untuk dapat memudahkan penggunaanya mengetahui bagian dari *board*. **Tabel 2.3** merupakan spesifikasi *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560.

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Atmega 2560.

Parameter	Nilai
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20mA
DC Current for 3,3V Pin	50mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101,52 mm
Width	53,3 mm
Weight	37 g

Arduino Mega 2560 ini dapat dikoneksikan atau dihubungkan dengan laptop maupun PC (*Personal Computer*), pengkoneksian antara *board* mikrokontroler ini adalah dengan menghubungkannya menggunakan kabel

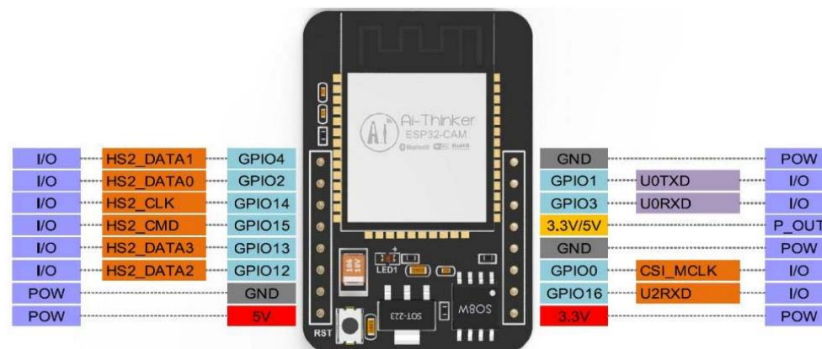
USB. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk memprogram *board* mikrokontroler pada *software* Arduino IDE agar *board* mikrokontroler dapat berjalan sesuai dengan keinginan.

1. Pin 5V merupakan sebuah pin yang mengeluarkan tegangan sebesar 5V. Tegangan 5V akan aktif apabila Arduino Mega 2560 mendapatkan daya yang sesuai dengan batas minimalnya yaitu 7-12 Volt.
2. Pin 3,3V merupakan sebuah pin yang mengeluarkan tegangan sebesar 3,3 Volt dan arus maksimum yang keluar dari pin ini sebesar 50 mA.
3. Pin Vin merupakan pin input tegangan untuk *board* Arduino Mega 2560.
4. GND merupakan pin massa atau *ground*.
5. IOREF merupakan sebuah pin yang berfungsi sebagai referensi tegangan yang beroperasi pada Arduino Mega 2560.
6. Pin Serial merupakan pin yang digunakan untuk menerima (RX) dan juga mengirimkan (TX) data serial TTL. Port Serial: pin 0 (RX), pin 1 (TX); Port Serial 1: pin 19 (RX), pin 18 (TX); Port Serial 2: pin 17 (RX), pin 16 (TX); Port Serial 3: pin 15 (RX), pin 14 (TX).
7. Pin *Interrupt* merupakan pin untuk *triggered* sebuah *interrupt* pada nilai yang rendah dan juga fluktuasi nilai. Pin *interrupt* 0 (pin 2), pin *interrupt* 1 (pin 3), pin *interrupt* 5 (pin 18), pin *interrupt* 4 (pin 19), pin *interrupt* 3 (pin 20), pin *interrupt* 2 (pin 21).
8. Pin TWI merupakan pin yang mendukung komunikasi TWI. Pin SDA (pin 20), pin SCL (pin 21).
9. Pin SPI merupakan pin yang mendukung komunikasi SPI. Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS).
10. Pin PWM merupakan pin yang mendukung untuk sinyal PWM. Pin 2, pin 3, pin 4, pin 5, pin 6, pin 7, pin 8, pin 9, pin 10, pin 11, pin 12, pin 13, pin 44, pin 45, pin 46.

11. Pin LED merupakan pin *built in* dan terhubung ke pin digital 13, pada saat nilai pin 'HIGH' maka LED akan menyala, dan ketika nilai pin 'LOW' maka LED akan mati.

2.6.3 ESP32-Cam

ESP32-Cam merupakan salah satu mikrokontroler yang memiliki fasilitas tambahan berupa bluetooth, wifi, kamera, bahkan sampai ke slot microSD. ESP32-Cam ini biasanya di gunakan untuk project IoT (Internet of Things) yang membutuhkan fitur kamera. Modul ESP32-Ca, memiliki lebih sedikit pin I/O di bandingkan modul ESP32 produk sebelumnya, yaitu ESP32 Wroom. ESP32-Cam ini nantinya akan berguna untuk mengambil foto atau video untuk kegunaan sistem lanjutnya bisa dilihat pada **Gambar 2.10** dibawah ini merupakan contoh fisik dan datasheetnya.



Gambar 2. 10 ESP32-Cam.

Tentunya Esp 32-cam juga memiliki spesifikasi seperti pada **Tabel 2.5**

Tabel 2.4 Tabel spesifikasi ESP32-Cam (dilanjutkan di page selanjutnya dibawah ini)

Spesifikasi	ESP32-Cam
Chip	ESP32-D0WDQ^
Suhu Operasi	-20°C hingga 85°C (Rekomendasi: -10°C hingga 55°C)
Daya	5V DC, 180-200 mA
Memori	520 KB SRAM, 448 KB ROM, 4 MB flash
Sensor Kamera	OV2640 (2 MP)
Berat	10gram
Dimensi	27 × 40.5 × 4.5 mm
Resolusi	1600×1200 (UXGA), 800×600 (SVGA), 640×480 (VGA)
Jangkauan Wi-Fi	50 m (indoor), 100 m (outdoor)
Slot Penyimpanan	MicroSD (hingga 4 GB)
Port I/O	GPIO, I2C, UART, SPI, ADC, DAC

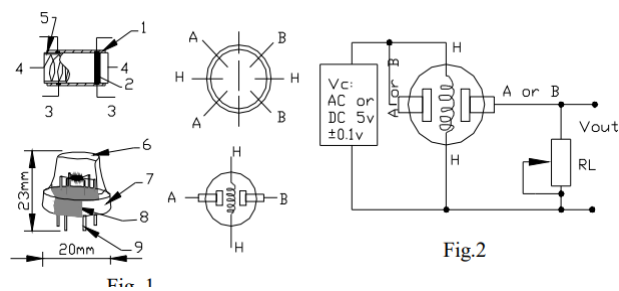
2.6.4 Sensor MQ-138

Sensor gas MQ138 adalah SnO₂, yang memiliki konduktivitas lebih rendah di udara bersih. Ketika ada gas VOC, konduktivitas sensor semakin tinggi seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas. Pengguna dapat mengubah perubahan konduktivitas agar sesuai dengan sinyal keluaran konsentrasi.

Sensor gas MQ138 memiliki sensitivitas tinggi terhadap toluena, aseton, alkohol, metanol, juga dapat memantau hidrogen dan uap organik lainnya dengan baik. **Gambar 2.11** merupakan modul MQ-138 dan skematik elektriknya.



(a) Sensor MQ-138



(b) Skematik MQ-138

Gambar 2. 11 MQ-138 (a) Modul Sensor Mq-138; (b) Skematik Mq-138.

Untuk spesifikasi dari sensor MQ-138 atau sensor gas (*formaldehida*) bisa dilihat pada **Tabel 2.6**. Di halaman berikutnya

Tabel 2.5 Spesifikasi modul sensor MQ-138 (*formaldehida*).

Spesifikasi	Nilai/Keterangan
Model	MQ-138
Jenis Sensor	Gas (semikonduktor, resistif)
Gas yang Terdeteksi	Formaldehida (HCHO), Benzena, Alkohol, Aseton, VOC
Tegangan Kerja	DC 5V

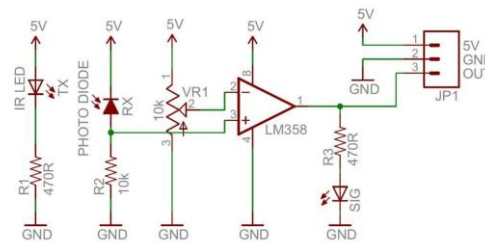
Spesifikasi	Nilai/Keterangan
Arus Kerja	150 mA (maks.)
Keluaran	Analog (AO) & Digital (DO, jika pakai modul)
Rentang Konsentrasi	1–50 ppm (tergantung jenis gas)
Waktu Pemanasan Awal	24jam (untuk kalibrasi optimal)
Waktu Respons	< 10 detik (cepat)
Waktu Pemulihan	< 30 detik
Suhu Operasional	-10 °C ~ 50 °C
Kelembaban Operasional	65 ±5% RH
Ukuran Sensor	Diameter ±16 mm (jika dalam modul)

2.6.5 Sensor IR (*infra-red*) Proximity

Sensor inframerah proximity adalah perangkat elektronik, yang memancarkan untuk merasakan beberapa aspek lingkungan. Sensor IR dapat mengukur panas suatu benda serta mendeteksi gerakan. jenis sensor ini hanya mengukur radiasi infra merah, daripada memancarkannya yang disebut a sensor IR pasif . Biasanya, dalam spektrum infra merah, semua benda memancarkan beberapa bentuk radiasi termal. Untuk bentuk dari sensor IR dan skematik elektriknya bisa dilihat pada **Gambar 2.12** dibawah ini.



(a) Infrared Proximity Sensor



(b) Rangkaian Skematik Infrared Proximity Sensor

Gambar 2.12 . (a) Modul IR proximity Sensor; (b) Rangkaian skematik IR proximity sensor.

Adapun juga untuk spesifikasi dari modul IR proximity ini dapat dilihat pada **Tabel 2.7** dihalaman selanjutnya.

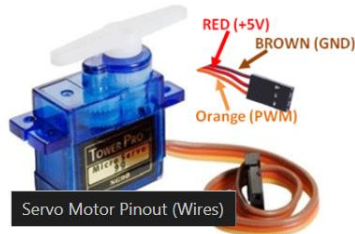
Tabel 2.6 Spesifikasi modul *IR proximity*.

Spesifikasi	IR sensor
Tegangan Operasi	5V DC
Kompatibilitas I/O	5V dan 3.3V
Jarak Deteksi	Hingga 20 cm
Arus Suplai	20 mA
Dimensi	50 × 20 × 10 mm (P × L × T)
Ukuran Lubang	∅ 2.5 mm

2.6.6 Motor Servo

Motor servo adalah motor yang dilengkapi dengan sistem umpan balik (feedback) berupa potensiometer atau encoder untuk mengontrol posisi sudut shaft secara akurat. Servo bekerja berdasarkan sinyal PWM

dengan duty cycle. Digunakan untuk menentukan hasil dari pembacaan dari data yang telah dianalisa di YOLO untuk memilah daging segar atau tidak segar. Untuk jenis yang digunakan motor servonya yaitu SG90 360° seperti pada **Gambar 2.13**.



Gambar 2. 13 Modul Motor servo SG90 360°.

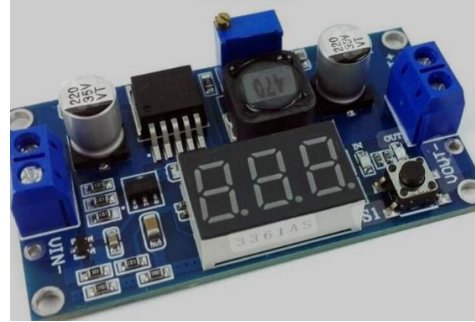
Untuk spesifikasinya bisa dilihat pada **Tabel 2.7** dibawah.

Tabel 2. 7 Spesifikasi *motor servo sg90*.

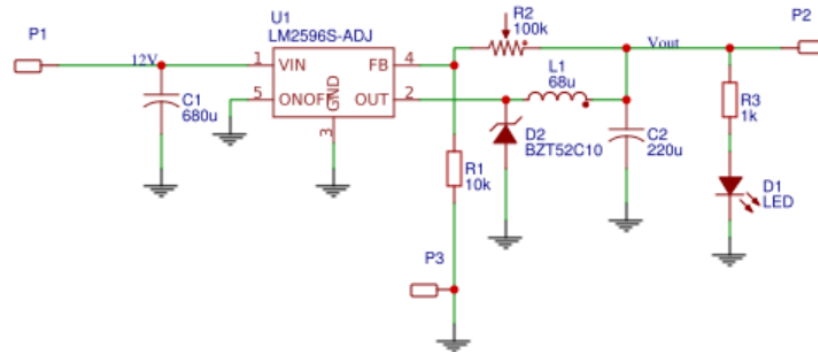
Spesifikasi	Motor Servo SG90
Tegangan	+5V (typical), Toleransi $\pm 0.5V$
Torsi	2.5 kg/cm
Kecepatan operasi	0.1 detik/60°
Tipe gear	Plastic (Nylon)
Range Rotasi	0° - 360°
Berat	9gram

2.6.7 LM2596 (Konverter Buck Dc-Dc Stepdown)

Merupakan IC monolitik merupakan komponen utama dalam rangkaian step down DC power supply, komponen ini menyediakan semua fungsi aktif untuk regulator switching step-down (buck), beban arus maksimal yang dapat dilewatkan pada komponen ini adalah 3A. Digunakan untuk menurunkan tegangan 12V ke tegangan 5V. Bisa dilihat pada **Gambar 2.14** dibawah contoh komponen dan skema elektriknya.



(a) Modul Stepdown Lm2596



(b) Skematik Stepdown Lm2596

Gambar 2. 14 (a) Modul stepdown 12v-3.3; (b) Skematik Stepdown LM2596

Untuk spesifikasi dari komponen ini bisa dilihat pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.8 Spesifikasi modul *stepdown* lm2596

Spesifikasi	LM2596
V _{In}	4.4 – 40 VDC
V _{out}	1,23V – 37 dc (adjustable)
Arus output max	2A (stabil) hingga 3A (dengan pendingin tambahan)
Efisiensi	90%
Frekuensi switching	±150 kHz
Fitur Proteksi	Overcurrent, overheat, short-circuit

2.6.8 Belt Konveyer

Merupakan sistem pemindahan barang menggunakan sabuk (belt) yang bergerak terus menerus. Sabuk ini digerakan oleh motor power window yang dipasangkan roller dan pulley sehingga dapat memindahkan

barang atau daging sapi dengan stabil dan cepat. Bisa dilihat dari **Gambar 2.15**.



Gambar 2. 15 Belt Konveyer

2.6.9 Timming belt dan Pulley

Timming belt dan pulley merupakan transmisi sinkron yang esensial dalam konveyer yang mentransfer daya dan pemeliharaan rasio kecepatan sudut secara konstan, karena gigi pada sabuk (belt) berinter-lock secara pas dengan roda (pulley), sehingga secara inheren akan menghilangkan slip yang terjadi pada V-belt. Bisa kita lihat pada **Gambar 2.16**. Merupakan bentuk dari komponennya.



Gambar 2. 16 *Timming Belt and Pulley*

2.6.10 Motor DC Power Window

Motor *power window* adalah Motor DC Magnet Permanen (PMDC) 12V yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi gerak putar. Motor ini menggunakan energi listrik dan magnet untuk menghasilkan gaya mekanis, Operasi motor tergantung pada interaksi dua medan magnet secara

sederhanadikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan motor dc power window ini untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan (torsi), Pada perancangan tugas akhir ini, Penulis menggunakan motor DC ini sebagai motor utama penggerak pada konveyer, Motor bergerak apabila sensor IR- Proximity mengenai daging sapi untuk menghentikan sementara saat proses image processing. Seperti pada gambar motor DC bisa di lihat di **Gambar 2.17**.



Gambar 2. 17 Motor DC Power Window.

Untuk spesifikasi dari komponen ini bisa dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.9 Spesifikasi *motor dc power window*.

Parameter	Nilai
Tegangan Nominal	12VDC
Arus operasi normal	3A-8A
Arus Puncak (<i>Starting Current</i>)	30A – 30A
Kecepatan tanpa beban	70 Rpm – 100 Rpm
Torsi maksimum	4 Nm – 15Nm

Pada **Tabel.2.10** diatas menunjukkan motor DC power window memiliki kekuatan torsi yang cukup tinggi. Dimana bisa memungkinkan menggerakkan beban secara stabil. Untuk menentukan suatu beban maksimum pada motor DC, perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus dasar Torsi dan Gaya. Jika mencari torsi output yang dihasilkan setelah melewati *gearbox* dapat kita hitung dengan:

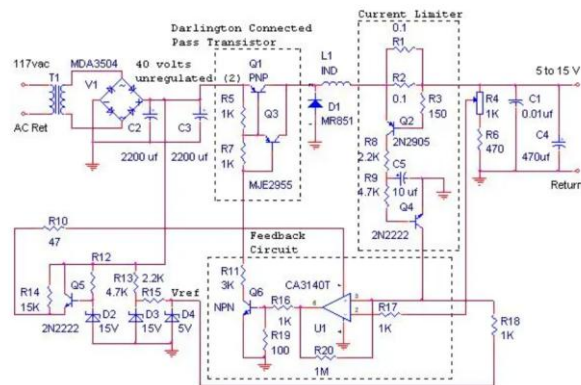
$$\tau_{Out} = \tau_{Motor} \times R_{gearbox} \quad (2.8)$$

2.6.11 Power Supply Unit 12V 30A

Power supply 12V 30A merupakan komponen penting dalam dunia elektronika. Power supply ini berfungsi sebagai sumber daya listrik yang stabil dan handal untuk menjalankan berbagai perangkat elektronik dengan kebutuhan daya 12volt dan arus mencapai 30 ampere seperti **Gambar 2.18 (a,b)** contoh komponen yang digunakan.



(a) Power Supply Unit 12v 30A



(b) Skematik PSU 12V 30A

Gambar 2. 18 (a) Power supply 12V 30A; (b) Skematik PSU 12V 30A

Untuk spesifikasi dari komponen ini bisa dilihat pada **Tabel 2.11**

Tabel 2.10 Spesifikasi *power supply* 12V 30A.

Spesifikasi	PSU 12V 30A
Tegangan Output	12V DC
Arus Output	30A
Daya Maksimum	120W
Input	100–240V AC
Tipe	Switching Power Supply
Proteksi	Overload, short circuit

2.6.12 Push Button

Push Button merupakan saklar tekan yang berfungsi sebagai penyambung atau pemutus arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu system saklar jika ditekan push button terdiri dari saklar start, stop, reset dan saklar tekan untuk *emergency*. Push button memiliki kontak NC (Normally Close) dan NO (Normally Open). Disini penulis menggunakan push button sebagai penanda system ON, OFF conveyer, Membuka menutup motor dc. **Gambar 2.17** diatas.

**Gambar 2. 19** Komponen pushbutton

2.6.13 Driver Motor BTS7960

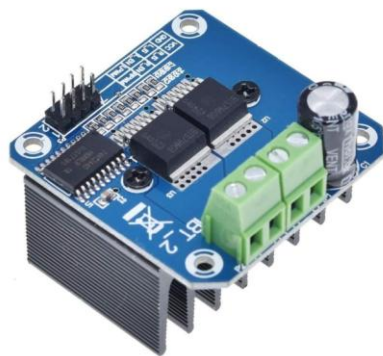
Driver BTS7960 adalah modul half-bridge terintegrasi yang dirancang untuk mengendalikan motor arus tinggi. Modul ini termasuk dalam keluarga NovalithIC™ dan menggabungkan MOSFET *high-side tipe p-channel*, MOSFET *low-side tipe n-channel*, serta IC driver dalam satu kemasan. Penggunaan MOSFET p-channel pada sisi high-side

menghilangkan kebutuhan charge pump, sehingga mengurangi EMI dan menyederhanakan rangkaian. Modul ini kompatibel dengan mikrokontroler dan mendukung kontrol motor berbasis PWM.

Fitur utama BTS7960 meliputi:

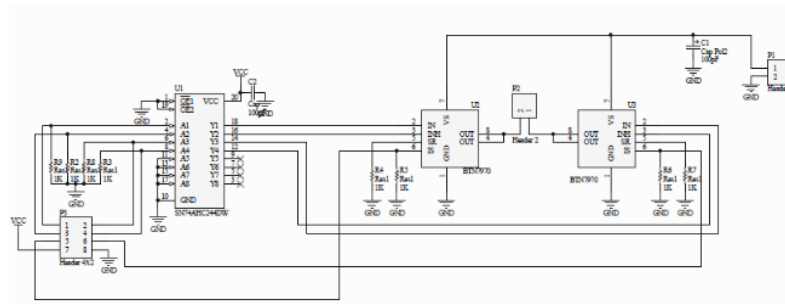
- Input logika level TTL
- Pengukuran arus (*current sensing*)
- Kontrol *slew rate* dan *dead time*
- Proteksi terhadap *overcurrent*, *overvoltage*, *undervoltage*, *overtemperature*, dan short circuit

BTS7960 menjadi solusi efisien dan andal untuk aplikasi motor arus tinggi seperti yang dipakai yaitu motor dc power window yang membutuhkan start arus yang cukup tinggi. **Gambar 2.20** contoh komponen Driver Motor BTS7960.



Gambar 2. 20 Driver Motor BTS7960.

Untuk lebih lengkapnya, **Gambar 2.21** merupakan gambar *schematic* dari *driver* BTS7960 dibawah ini.



Gambar 2. 21 Schematic BTS7960.

Selain dari *schematic* yang menjadikan kita tahu bagaimana cara kerja terperinci dari *driver* BTS7960, Tabel 2.11 merupakan spesifikasi dari driver motor BTS7960:

Untuk spesifikasi dari komponen ini bisa dilihat pada **Tabel 2.12** dibawah ini.(dilanjutkan pada page selanjutnya dibawah)

Tabel 2.11 Spesifikasi driver motor BTS7960.

Parameter	Nilai
Resistansi	16 mΩ pada 25 ° C
Arus Diam	7 μA pada 25 ° C
Catu Daya	5V
PWM freq current	Hingga 25 kHz dengan freewheeling aktif
Batas Arus kuat	43 A
Pengaman Suhu & Tegangan	Pemutusan karena Suhu Berlebih (<i>Over Temperature shutdown</i>), penguncian tegangan berlebih (<i>overvoltage lockout</i>), pemutusan tegangan kurang (<i>undervoltage shutdown</i>)

2.6.14 Google Colab

Google Colaboratory (Colab) merupakan layanan cloud berbasis Jupyter Notebook yang disediakan oleh Google untuk menulis dan mengeksekusi kode Python langsung dari browser tanpa perlu instalasi perangkat lunak tambahan. Google collab digunakan untuk menjalankan proses training dengan menggunakan GPU gratis yang lebih cepat dibandingkan dengan CPU di laptop. Ada beberapa tahap untuk mematangkan model yolo agar bisa di jalankan di python, diantaranya;

- Persiapan Lingkungan collab terlebih dahulu dengan 3 tahap; Pertama Akses GPU merubah *runtime type* colab menjadi GPU seperti T4 GPU, Kedua *Clone repository* atau melakukan *clone* YOLOv5s ke dalam lingkungan colab, Ketiga Instalasi *Dependencies* atau menjalankan perintah pip untuk menginstal semua *liberally* python yang dibutuhkan seperti (PyTorchm OpenCV).
- *Training* dibagi menjadi 4 tahap; Pertama mengunggah dataset ke folder dataset YOLOv5s yang telah di-*export* dari roboflow ke folder *project* YOLOv5s di colab. Kedua memeriksa file data.yaml dengan memastikan *path* ke data *Training* dan *Validation* pada file data.yaml sesuai dengan struktur pada colab. Ketiga mengeksekusi *Training* dengan menjalankan *Script train.py* dengan menggunakan perintah :

```
python train.py --img 640 --batch 16 --epochs 50 --data data.yaml --weights yolov5s.pt
```

- a. weights YOLOv5s.pt: Menggunakan bobot awal YOLOv5s (Transfer Learning)
 - b. epochs: Jumlah perulangan pelatihan.
 - c. data: Merujuk ke file konfigurasi dataset yang dibuat.
- *Output* bobot setelah *training* selesai, model akan menghasilkan file bobot terbaik atau file **best.pt** disimpan pada path *runs/train/exp/weights/* jangan sampai salah dalam menyalin pathnya.

- Kemudian konversi dan optimasi kedalam ONNX dimana file **best.pt** harus diubah formatnya menjadi INNX agar bisa dibaca di pc dengan menggunakan code:

```
python export.py --weights runs/train/expX/weights/best.pt --include onnx
```

- Setelah itu file akan berubah menjadi **best,onnx** ditempatkan sama dengan path **best.pt** sebelumnya.



Gambar 2. 22 Software pendukung Google Collab.

2.6.15 RoboFlow

Roboflow merupakan *platform web* yang memiliki fungsi berhubungan dengan kumpulan dataset. *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*. Digunakan untuk tahap image processing YOLOv5s, **Gambar 2.23** merupakan tampilan logo dari roboflow.



Gambar 2. 23 Software pendukung roboflow.

Berikut tahap pembuatan modul YOLO dan versi yang digunakan yaitu YOLOv5s pada roboflow:

2. Pengumpulan *Datasheet*

- Pengumpulan Gambar yaitu mengambil sejumlah gambar seperti foto daging sapi (Segar dan Tidak Segar) sesuai yang diinginkan lebih banyak lebih baik, dari segi pencahayaan, sudut. Dan latar belakang untuk memastikan model berjalan dengan baik.
- Pembuatan *Project* tahap ini hanya membuat *project* baru dan mengunggah semua gambar mentah pada roboflow.
- Anotasi gambar yaitu pemberian label pada gambar mentah dimana; menggambar *Bounding Box* secara akurat di sekeliling setiap objek daging yang akan di deteksi, Kemudian memberikan label kelas yang konsisten di setiap kotak (Segar dan Tidak Segar).

3. Pra-pemrosesan (*Preprocessing*)

- Langkah ini memastikan semua data memiliki format dan ukuran yang sama, Resize wajib dilakukan untuk masuk kedalam format standar dalam yolo agar performanya lebih efisien dan untuk resolusi semua gambar harus menjadi 640x640 piksel.
- Pembagian data yaitu membagi dataset yang telah dianotasi menjadi 3 set dengan rasio: *Training Set (70%), Validation Set (20%), Testing (10%)*.

4. Augmentasi dan *Export*

- Augmentasi data dengan menerapkan transformasi acak pada *Training set* untuk menciptakan variasi, Seperti *Rotate ($\pm 15^\circ$), Horizontal Flip, Brightness ($\pm 10\%$)*.
- *Generate* versi baru untuk menghasilkan dataset baru yang telah diperbanyak dan diperkaya dengan *Augmentation*.
- *Export* format tahap akhir dalam memilih format YOLOv5s Pytorch untuk diunduh. Dan file terpenting dalam model ini yaitu file **data.yaml** yang berisikan konfigurasi kelas dan Lokasi data.

2.6.16 Python

Python merupakan bahasa pemrograman komputer yang biasa dipakai untuk membangun situs, software/aplikasi, mengotomatiskan tugas dan melakukan analisis data. Python berfungsi sebagai Server Logika Utama dan Jembatan Komunikasi yang esensial dalam sistem pengujian kualitas daging Anda, bertanggung jawab untuk semua komputasi berat. Secara *real-time*, *script* Python menggunakan *library* *pyserial* untuk mendengarkan perintah analisis dari Arduino Mega melalui USB, dan pada saat yang sama, menggunakan *library* jaringan untuk mengambil *frame* gambar terbaru dari ESP32-CAM melalui Wi-Fi. Setelah gambar diakuisisi, *script* memuat model YOLO (ONNX/TFLite) yang dioptimalkan untuk menjalankan inferensi visual di PC, menganalisis pola RGB dan tekstur daging.

Hasil klasifikasi akhir ("SEGAR" atau "TIDAK_SEGAR") kemudian segera dikirimkan kembali ke Arduino melalui serial untuk memicu aksi fisik Motor Servo dan menyelesaikan siklus penyortiran.



Gambar 2. 24 Software pendukung python.

2.6.17 Firebase (opsional)

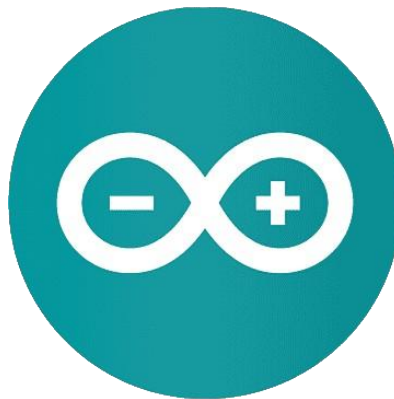
Firebase merupakan platform layanan backend dari Google yang dirancang untuk memudahkan pengembangan aplikasi, terutama dalam hal penyimpanan data, autentikasi pengguna, notifikasi, dan hosting. Platform ini akan digunakan jika nantinya akan memodifikasi terhadap yolo.



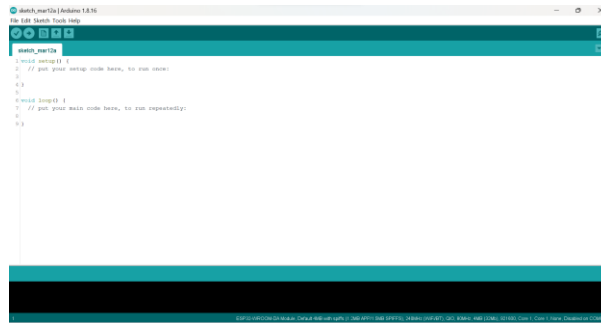
Gambar 2. 25 Software pendukung firebase.

2.6.18 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan software open-source untuk memprogram mikrokontroler Arduino menggunakan bahasa C/C++ dengan library khusus. *Integrated Development Environment* (IDE) sangat berperan penting dalam pemrograman karena terdapat banyak modul atau *library* yang bisa diunduh dan digunakan sehingga sangat memudahkan ketika membuat program saat sistem di ubah maupun dirancang. Berikut gambar software Arduino IDE ditunjukkan pada **Gambar 2.26**.



Gambar 2. 26 Arduino IDE.



Gambar 2. 27 Tampilan Arduino IDE.

Gambar 2.27 merupakan tampilan dari *software* Arduino IDE. Pada *software* Arduino IDE ini pengguna dapat menuliskan program atau coding yang biasa disebut dengan “*sketch*”, dalam *software* tersebut juga terdapat pilihan *board* serta pengaturan lainnya yang dapat disesuaikan dengan penggunaan.

2.6.19 Ultralytics

Ultralytics adalah perusahaan yang dikenal karena pengembangan model deteksi objek berbasis algoritma YOLO (You Only Look Once). Didirikan oleh Glenn Jocher, Ultralytics telah merilis beberapa versi dari YOLO, termasuk YOLOv11. Model-model ini dirancang untuk memberikan kinerja tinggi dalam deteksi objek secara *real time*, dengan fokus pada efisiensi komputasi dan akurasi yang lebih baik dibandingkan versi sebelumnya.

2.6.20 Visual Studio Code

VS Code adalah editor kode ringan open-source dari Microsoft yang berfungsi sebagai Hub Komputasi Utama pada PC. Dalam sistem ini, menjalankan logika Python dan inferensi AI (YOLO) untuk deteksi daging, serta memonitor komunikasi data serial secara real-time. Solusi ini mengatasi keterbatasan memori Arduino Mega dengan memindahkan pemrosesan citra (dari ESP32-CAM) ke PC, lalu mengirimkan instruksi balik. VS Code sangat vital, karena tanpanya pemrosesan visual AI berat tidak dapat dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

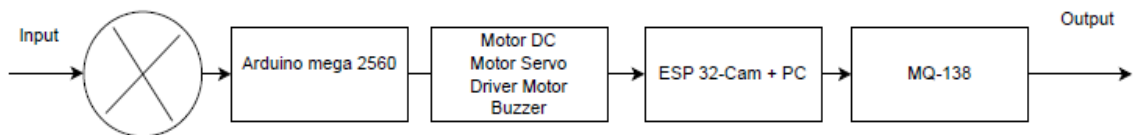
Pada bab ini akan dibahas mengenai proses perancangan dan fabrikasi Alat pendeteksi daging segar dan tidak segar/berformalin yang bertujuan membangun sistem yang bekerja sebagaimana yang diharapkan. Perencanaan sistem ini digambarkan kedalam *flowchart* dan diagram blok yang menggambarkan bagaimana setiap komponen akan terhubung,

3.1 Diagram Blok dan Flowchart

Dalam sub bab ini berisikan diagram blok dan flowchart dari sistem yang akan dibuat untuk memudahkan alur kerja dari sistem.

3.1.1 Blok diagram sistem

Untuk blok diagram sistem bisa dilihat pada **Gambar 3.1** yang menjelaskan secara singkat alur kerja sistem utama.

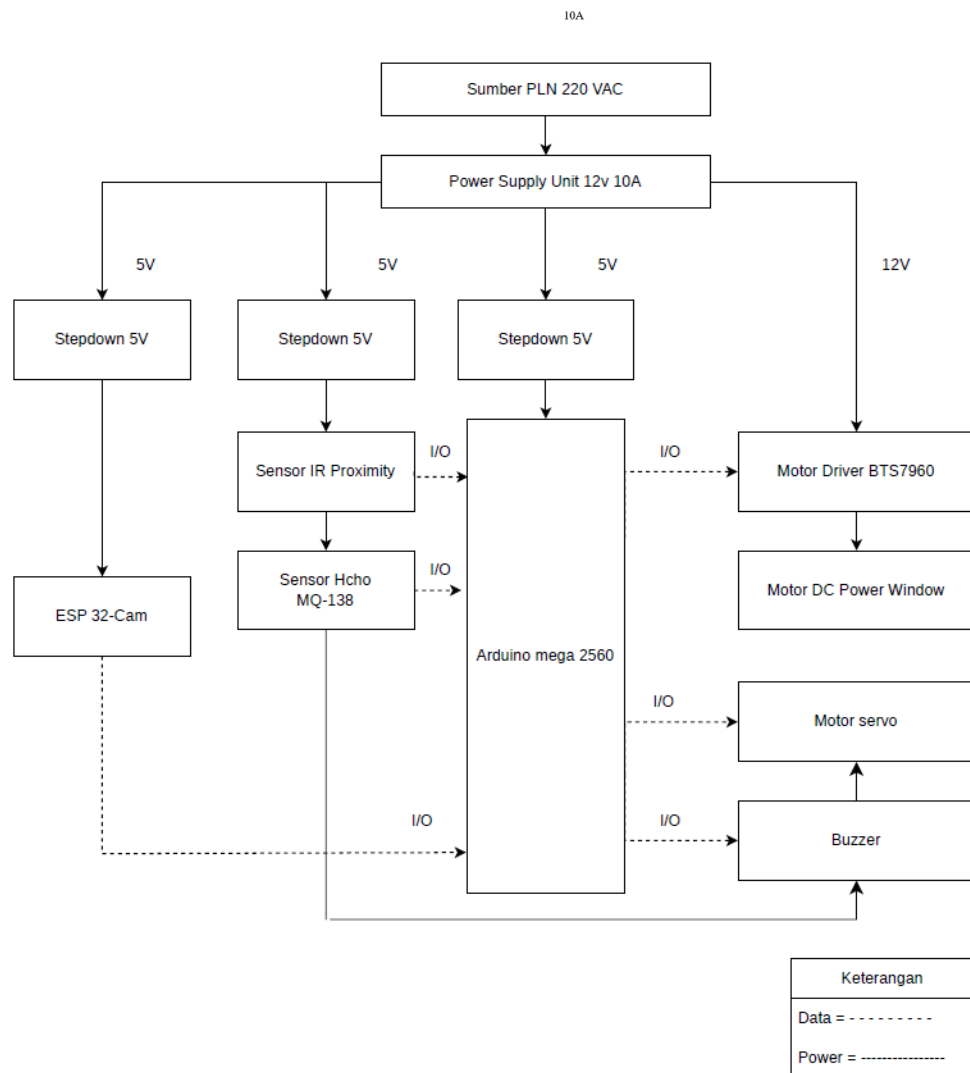


Gambar 3. 1 Diagram blok sistem open loop.

Open loop sistem karena adanya ketiadaan Umpan Balik Korektif (Corrective Feedback) pada aktuator utama. Tetapi sistem ini juga bisa disebut close loop karena umpan balik dari klasifikasi yolo dan sensor MQ-138. Tetapi disimpulkan bahwa sistem ini yaitu sistem control sekuensial open loop, dengan justifikasi bahwa kelemahan control motor open loop untuk penyerderhanaan dan memindahkan kompleksitas ke tahap klasifikasi umpan balik yang merupakan focus utama penelitian.

3.1.2 Blok diagram perangkat keras

Pada Sub bab ini akan dijelaskan tentang blok diagram dari sistem keseluruhan untuk memudahkan alur sistem kerja dari alat seperti pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Diagram blok sistem keseluruhan.

Berikut merupakan penjelasan dari diagram blok perangkat keras pada alat pendeteksi daging sapi segar atau tidak segar/berformalin:

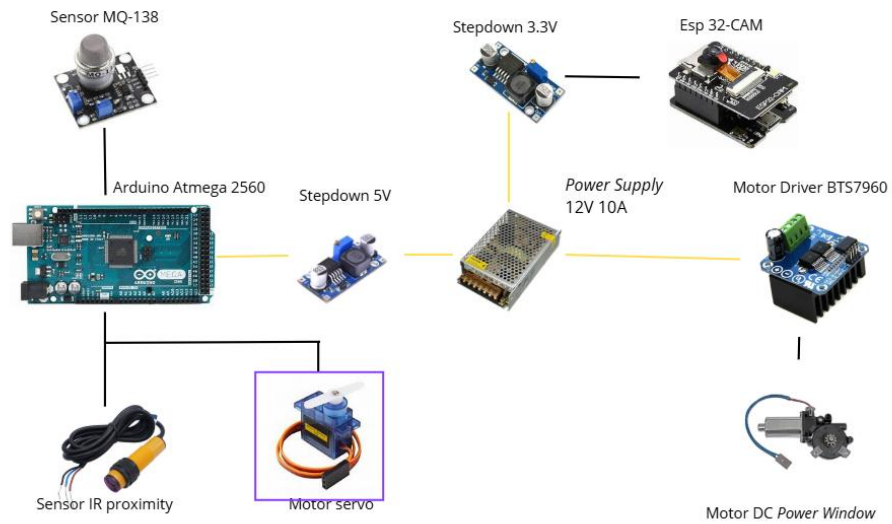
1. 220 VAC merupakan sumber daya utama sistem, yaitu Listrik AC dengan tegangan 220 volt. Digunakan. untuk menyalakan seluruh komponen pada sistem ini dengan di sambungkan ke PSU 12V 10/30A.
2. PSU 12V 10/30A merupakan pengubah tegangan 220 VAC menjadi 12 VDC 10/30A. Dengan tegangan 12V ini digunakan untuk memberi daya pada komponen yang membutuhkan catu daya

3. Step Down 3.3V merupakan modul step-down yang menurunkan tegangan dari 12V menjadi 3.3V. Tegangan ini digunakan untuk ESP 32 – Cam.
4. Sensor Proximity atau IR ini akan digunakan untuk mendeteksi keberadaan daging yang akan membuat motor conveyer berhenti terlebih dahulu.
5. Sensor gas MQ-138 ini digunakan khusus mendeteksi kadar formaldehida (HCHO) di udara. Sensor ini mengirimkan data hasil deteksi ke Arduino atmega 2560 untuk diproses lebih lanjut yaitu image processing dengan yolo.
6. ESP 32-Cam digunakan untuk menangkap gambar maupun video yang nantinya gambar tersebut akan di proses lebih lanjut pada image processing yang hasil outputnya menjadi segar dan tidak segar/berformalin.
7. Arduino Atmega 2560 ini merupakan otak dari sistem ini mendapatkan input berupa data dari sensor MQ- 138, Sensor IR Proximity dan ESP 32-Cam kemudian memproses dan mengontrol outputnya seperti motor conveyer atau actuator (motor servo) menentukan apa daging tersebut segar atau tidak segar maupun berformalin
8. Motor Conveyer untuk motor yang dipakai ini yaitu motor DC power window dikarenakan torsiya cocok untuk menggerakkan conveyer belt dan bisa diatur dengan Arduino ATmega 2560 untuk memindahkan daging sebelum menuju tempat sortir segar dan tidak segar/berformalin.
9. Aktuator atau motor servo digunakan untuk menyortir daging di akhir dengan gerakan yang presisi untuk memindahkan daging ke tempat yang benar.

3.1.3 Rangkaian elektrikal keseluruhan

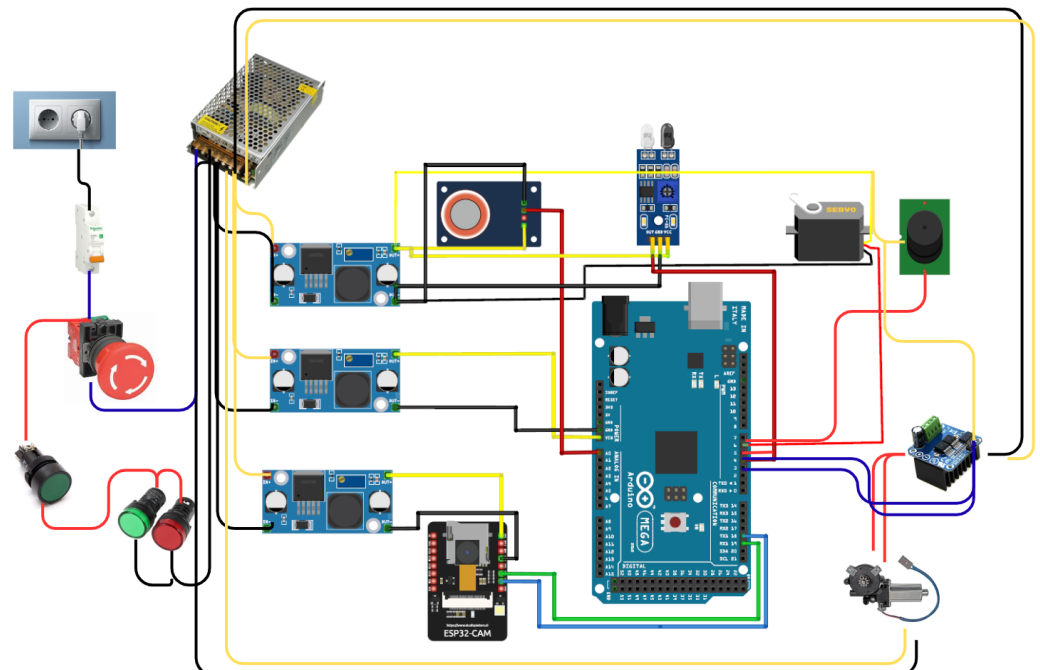
Untuk rangkaian elektrikal berupa skematik yang akan digunakan pada penelitian “Deteksi kualitas daging sapi segar dan tidak segar/berformalin” yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dibawah ini. Dalam skematik ini terdapa: Arduino ATmega 2560, ESP32-cam, Sensor MQ-

138, Power supply 12V 30A, Motor DC 12V, Driver motor, dan sensor IR proximity. Bisa dilihat pada **Gambar 3.3** dibawah.



Gambar 3. 3 Diagram komponen alat utama sistem.

Untuk wiring lengkapnya bisa dilihat di halaman selanjutnya pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3. 4 Diagram wiring alat keseluruhan.

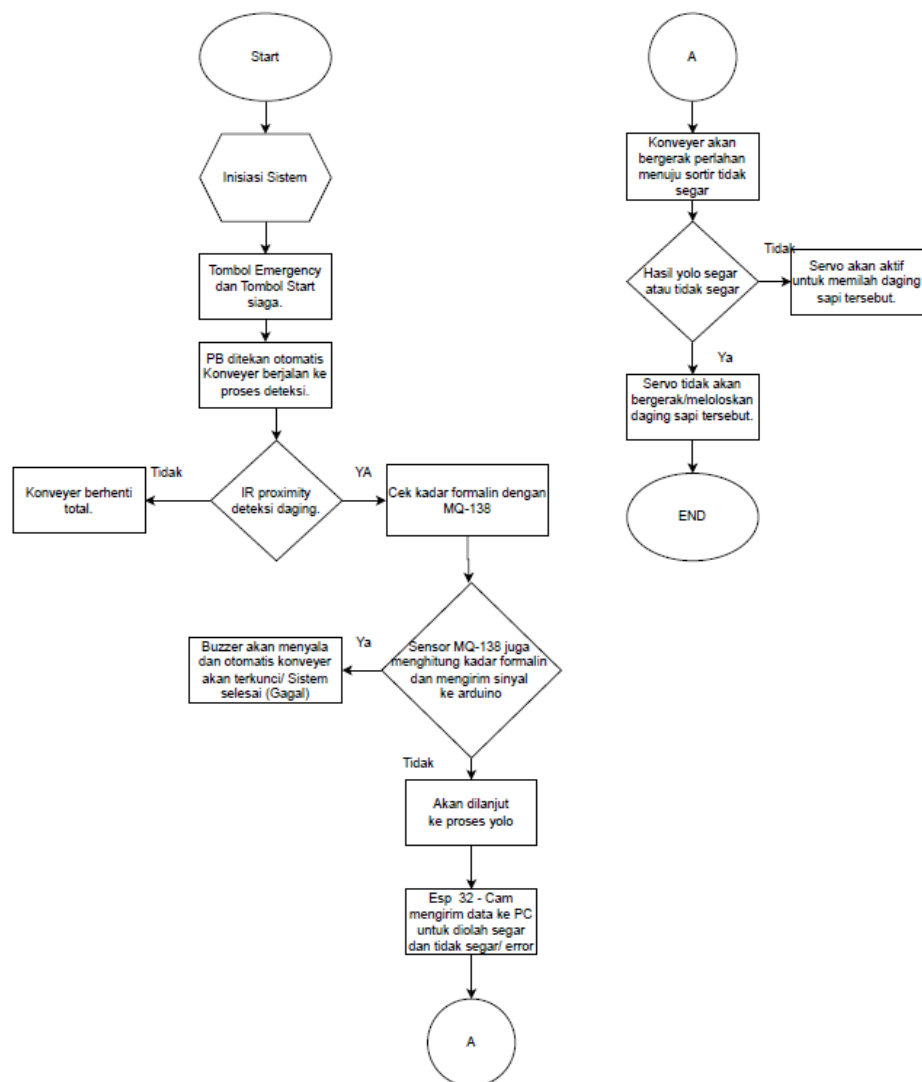
Gambar 3.3 dan 3.4 merupakan perancangan elektrik, fungsi dari setiap komponen yaitu sebagai berikut:

- a. Arduino ATmega 2560 sebagai pusat kendali utama sistem, Mengatur alur kerja motor DC, motor servo, dan menerima data dari sensor MQ-138 dan sensor IR proximity, Berkomunikasi dengan ESP32-CAM untuk mengambil keputusan sortir daging, Buzzer digunakan untuk mengetahui kadar formalin yang tinggi.
- b. ESP32-CAM bertugas mengambil gambar daging sapi yang lewat di conveyor, Mengirimkan gambar ke sistem YOLO (misal di PC/Colab) untuk diproses dan menentukan kualitas daging (segar/tidak segar), Dapat mengirim hasil deteksi kembali ke Arduino via komunikasi serial.
- c. Sensor MQ-138 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas seperti formalin dan senyawa volatil lainnya, Memberi sinyal analog ke Arduino sebagai tambahan informasi tentang kualitas daging.
- d. Sensor IR Proximity mendeteksi keberadaan objek (daging) pada conveyor, Berfungsi sebagai trigger untuk menghentikan motor dan memulai proses pengambilan gambar oleh ESP32-CAM.
- e. Motor Driver BTS7960 mengendalikan motor DC power window 12V (mengatur arah dan kecepatan), Menerima sinyal kontrol dari Arduino dan daya dari PSU 12V.
- f. Motor DC Power Window 12V menggerakkan conveyor belt untuk membawa daging dari titik deteksi ke titik sortir. bekerja sesuai kendali dari BTS7960 yang dikontrol oleh Arduino.
- g. Motor Servo (1 buah) berfungsi untuk menyortir daging ke dalam kotak segar atau tidak segar, Bergerak berdasarkan sinyal dari Arduino setelah hasil deteksi YOLO diterima.
- h. Power Supply 12V 20A/30A menyediakan sumber daya utama untuk seluruh sistem, Memberikan daya ke semua komponen yang digunakan.

- i. Step-down 12V ke 3.3V menurunkan tegangan dari PSU 12V menjadi 3.3V, Digunakan untuk menyuplai daya ke ESP32-CAM yang hanya bekerja pada tegangan 3.3V.
- j. Step-down 12V ke 5V menurunkan tegangan dari PSU 12V menjadi 5V, Digunakan untuk menyuplai daya ke Arduino dan komponen lainnya yang berkapasitas 5V.

3.1.4 Flowchart sistem utama

Pada Sub bab ini akan dijelaskan tentang *flowchart* dari sistem keseluruhan untuk memudahkan alur sistem kerja dari alat.sebagai berikut. Dimana ditunjukkan pada **Gambar 3.5** dibawah ini,



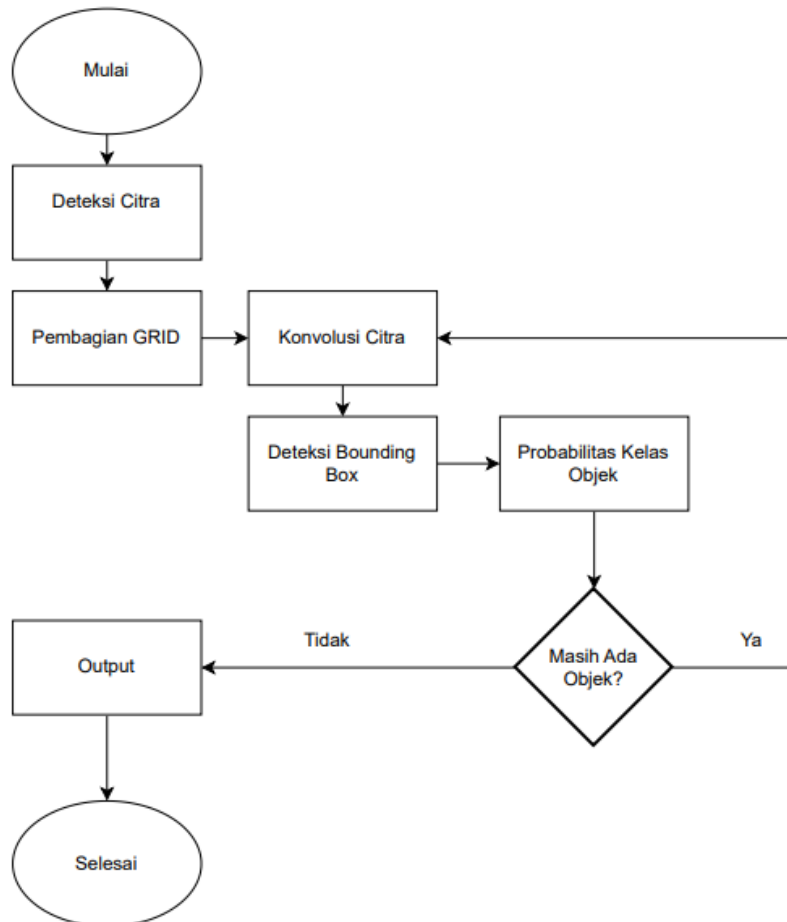
Gambar 3. 5 Flowchart sistem keseluruhan.

Berikut penjelasan dari **Gambar 3.5** flowchart diatas:

1. Memulai Proses (Start) proses dimulai dengan inialisasi sistem. Ini mencakup persiapan semua komponen perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang diperlukan,
2. Tombol siaga dimana sistem mendeteksi bahwa tombol emergency dan tombol start siap digunakan.
3. Saat PB ditekan maka akan menjalankan konveyer untuk mencapai tempat proses deteksi.
4. Saat daging sapi terdeteksi (IR proximity) sistem memeriksa daging sapi
 - Jika TIDAK terdeteksi = Konveyer akan berhenti total (Gagal dan mengulang loop dari awal lagi).
 - Jika YA terdeteksi = Proses akan dilanjutkan kedalam cek kadar formalin.
5. Cek kadar formalin dengan menggunakan MQ-138 dimulai.
6. Jika sistem memeriksa apakah Sensor MQ-138 mendeteksi kadar formalin melebihi ambang batas maka.
 - Jika YA = Buzzer akan otomatis menyala dan mengunci sistem (Sistem selesai/gagal).
 - Jika TIDAK = Proses akan dilanjutkan ke proses YOLO.
7. ESP32-Cam mengirim data gambar ke PC untuk diolah, dan Arduino menunggu hasil status (Segar/ Tidak Segar/error).
8. Setelah keluar hasil YOLO sistem akan dilanjutkan ke dalam fase penyortiran daging sapi dengan motor servo sebagai pemilahnya.
9. Keputusan klasifikasi yolo diterima (Segar/Tidak segar/error).
 - Jika TIDAK (Tidak segar/error) = Servo akan aktif untuk memilah daging sapi tersebut.
 - Jika YA servo tidak akan bergerak, meloloskan daging tersebut.

10. END setelah aksi penyotiran selesai, proses untuk daging tersebut berakhir dan akan loop ulang.

3.1.1 Flowchart YOLOv5s



Gambar 3. 6 Flowchart sistem YOLOv5s.

Berikut penjelasan dari **Gambar 3.6** flowchart diatas:

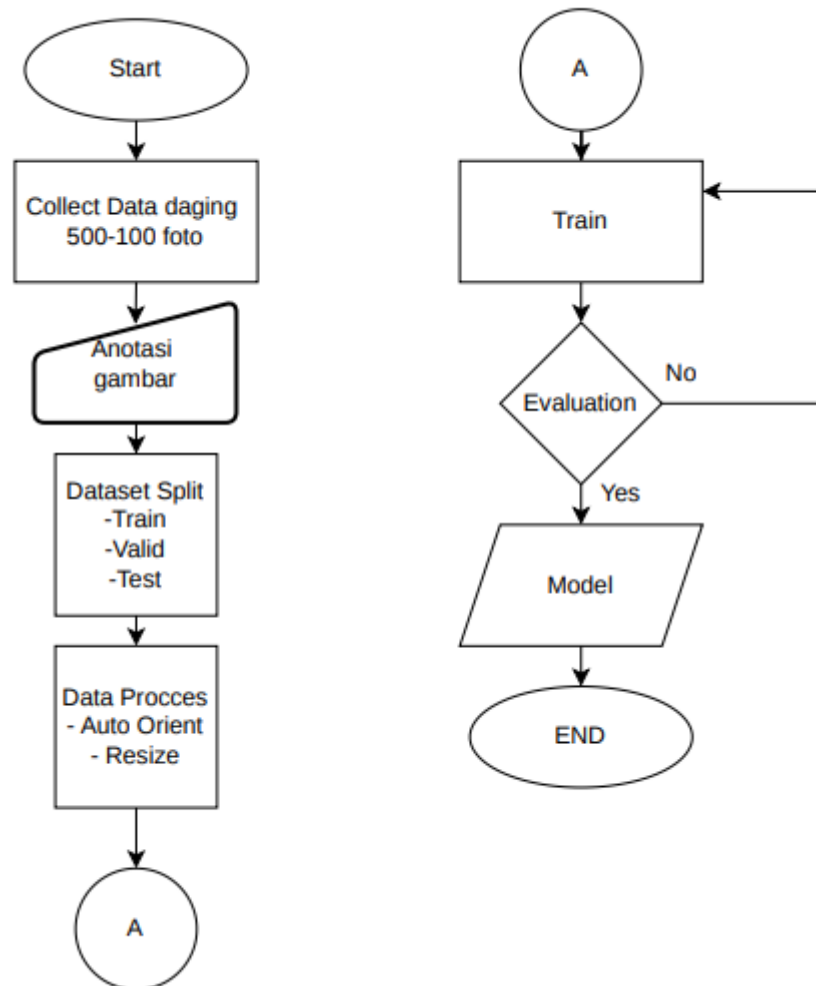
1. Memulai Proses (Mulai) proses diawali dengan inialisasi sistem, di mana model deteksi objek dimuat dan siap menerima input.
2. Pra-pemrosesan Citra Deteksi Citra (Image Detection) sistem menerima input berupa satu citra atau *frame* dari video. Pembagian GRID (Grid Division) citra yang masuk dibagi menjadi beberapa sel grid. Setiap sel grid akan bertanggung jawab untuk mendeteksi keberadaan objek yang

berpusat di dalamnya. Pendekatan ini adalah karakteristik utama dari algoritma deteksi objek *real-time* seperti YOLO (You Only Look Once).

3. Analisis dan Prediksi Objek Konvolusi Citra (Image Convolution) setiap sel grid diproses oleh Jaringan Saraf Tiruan (Convolutional Neural Network - CNN). Jaringan ini akan mengekstrak fitur-fitur penting dari citra (seperti tepi, tekstur, dan bentuk) yang diperlukan untuk mengenali objek. Deteksi Bounding Box (Bounding Box Detection) Berdasarkan fitur yang diekstrak, model memprediksi kotak pembatas (bounding box) di sekitar setiap objek yang terdeteksi. Kotak ini menentukan lokasi dan ukuran objek di dalam citra. Probabilitas Kelas Objek (Object Class Probability) Bersamaan dengan deteksi *bounding box*, model juga menghitung probabilitas bahwa objek di dalam kotak tersebut termasuk dalam kelas tertentu (misalnya, mobil, pejalan kaki, atau lampu lalu lintas).
4. Proses Iterasi sistem akan mengecek apakah masih ada objek yang perlu diproses atau jika proses prediksi perlu diulang untuk *frame* berikutnya. Jika masih ada atau diperlukan, proses akan berulang kembali ke langkah Konvolusi Citra untuk melakukan prediksi yang lebih akurat atau memproses objek lain. Jika semua objek telah teridentifikasi, proses berlanjut.
5. Output setelah semua objek terdeteksi dan diklasifikasikan, sistem menampilkan hasil akhir berupa citra yang telah diberi label dengan kotak pembatas dan nama kelas objek beserta tingkat probabilitasnya. Selesai (Selesai) Proses deteksi untuk satu citra atau *frame* video dianggap selesai. Sistem kemudian siap untuk menerima input citra baru dan mengulang seluruh proses.

3.2 Perancangan Model Deteksi

Perancangan model dilakukan untuk membedakan daging segar dan tidak segar serta berformalin. Alur proses perancangan model deteksi dapat dilihat pada **Gambar 3.7** Alur proses model deteksi dibawah ini (dilanjutkan di page selanjutnya).



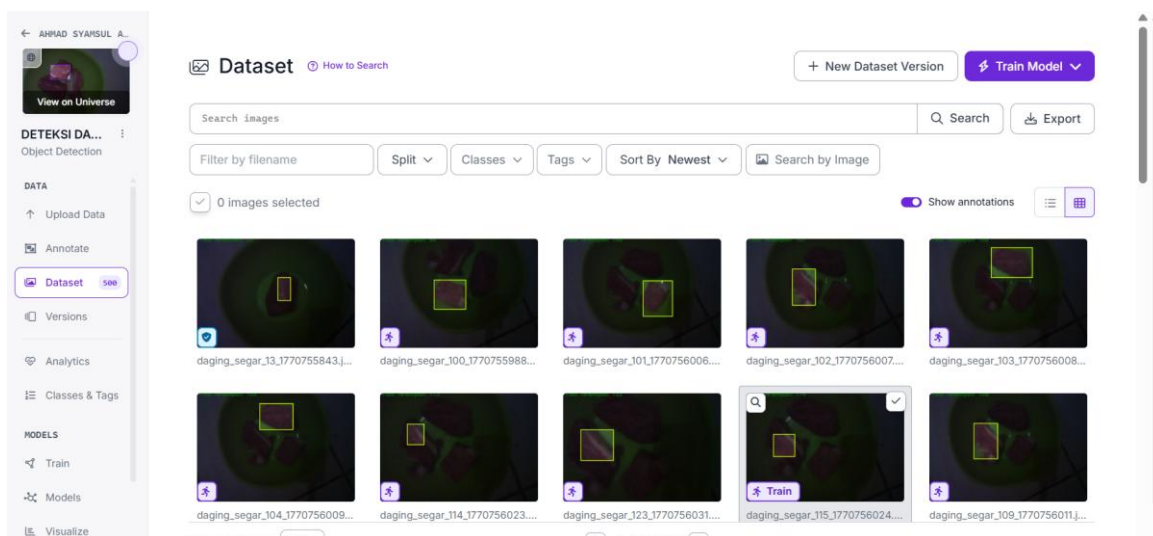
Gambar 3. 7 Alur proses perancangan model deteksi

Dalam **Gambar 3.7**, Diatas menggambarkan metodologi sistematis dalam pengembangan model deteksi objek, Proses ini akan membuat model yang dihasilkan memiliki akurasi tinggi dalam membedakan kualitas daging sapi. Bisa dijelaskan dari alur diatas sebagai berikut:

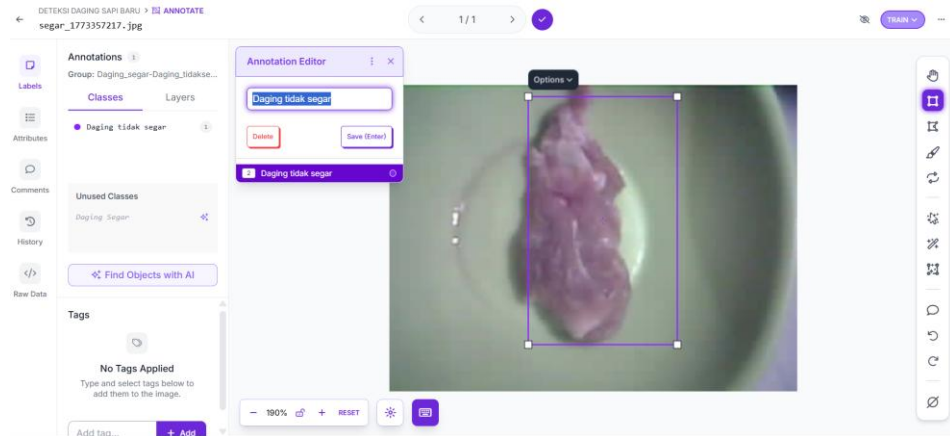
3.2.1 Fase Pra-Pemrosesan Data

Siklus ini dilakukan di ESP32-Cam dimulai dengan Dataset Acquisition atau mengumpulkan data 500 citra yang diambil langsung dari kamera ESP32-Cam dari berbagai sudut dan kondisi pencahayaan. Angka 500 - 1000 dipilih sebagai minimum Dengan variasi sudut dan cahaya, model tidak akan "bingung" saat alat bekerja di lingkungan yang berbeda (misalnya cahaya redup atau terang).

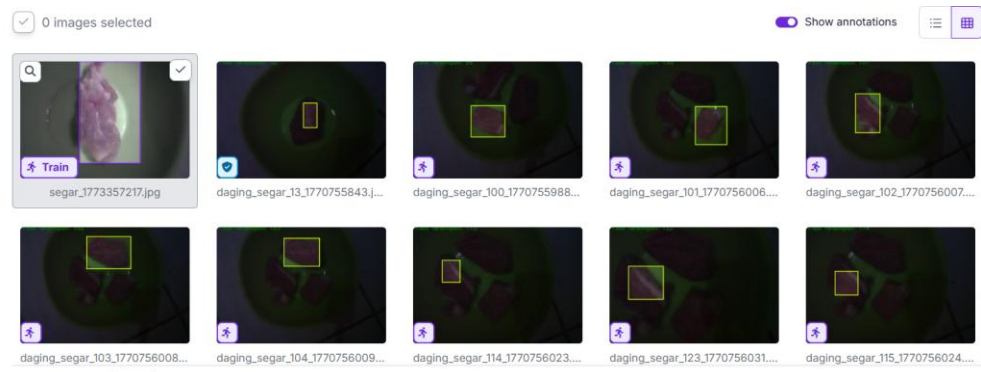
Kemudian masuk ke tahap Data Annotation di roboflow menggunakan format YOLO (koordinat normalisasi x, y, w, h). Setiap *bounding box* akan menghasilkan file .txt yang berisi indeks kelas (0 untuk segar, 1 untuk tidak segar) dan posisi objek. Dataset kemudian akan melalui tahap Dataset *Split*, dimana data akan dibagi menjadi 3 bagian yaitu: *Train* (data utama untuk pembelajaran), *Valid* (untuk evaluasi saat *training* agar tidak *overfitting*), dan *Test* (untuk uji coba) dengan rasio 80% (400 gambar) untuk *Train*, 10% (50 gambar) untuk *Valid*, dan 10% (50 gambar) untuk *Test*. Sebelum masuk ke mesin pelatihan, dilakukan dulu *Augmentasi & Resizing etc.* Proses *resize* ke 640x480 (atau standar YOLOv5s di 640x640) dilakukan untuk menyeimbangkan antara kecepatan komputasi dan ketajaman fitur tekstur daging.



(a) Fase dataset sekitar 500 gambar



(b) Fase Anotasi manual menggunakan bounding box



(c) Fase Train dan Valid dan Test

Gambar 3. 8 Fase pre-processing (a) Pengambilan datasheet; (b) Fase Anotasi gambar; (c) Fase *Train*, *Valid* dan *Test*.

3.2.2 Fase Pelatihan dan Validasi

Setelah fase pra-pemrosesan data sistem akan memasuki fase *Train* yang dilakukan di Google Collab. Di sinilah "otak" YOLOv5s dibentuk. Proses ini terjadi di dalam kartu grafis (GPU) karena membutuhkan ribuan perhitungan matriks per detik.

- Arsitektur YOLOv5s (Small) dipilih tipe "s" agar model ringan dan *real-time* saat dijalankan di VS Code, namun tetap tajam mengenali tekstur daging.

- Hyperparameters (Setingan Mesin):
 1. Epochs dimana menjalankan sekitar 100-300 putaran. Di setiap epoch, model mencoba mengenali fitur (lemak, warna merah, tekstur serat).
 2. Batch Size diatur ke 16 atau 32. Artinya, model membaca 16 gambar sekaligus sebelum melakukan koreksi bobot.
 3. Optimizer (Adam/SGD) algoritma yang bertugas mencari "jalan pintas" tercepat agar tingkat kesalahan (*loss*) mencapai titik terendah.
 4. Learning Rate (10^{-3}) Kecepatan model dalam menyerap informasi baru.
- Proses Evaluasi (Monitoring)
 1. Setiap akhir satu *epoch*, sistem akan mengecek data Validation.
 2. Jika Loss (kesalahan) terus turun dan mAP (akurasi) naik, maka pelatihan sehat.
 3. Jika mAP berhenti naik tapi Loss Train turun, terjadi Overfitting (model hanya menghafal, bukan memahami). Pelatihan harus dihentikan (*Early Stopping*).

Untuk gambarnya bisa dilihat pada sub bab 3.63 perancangan YOLO dibawah.

3.2.3 Fase *Deployment* model akhir

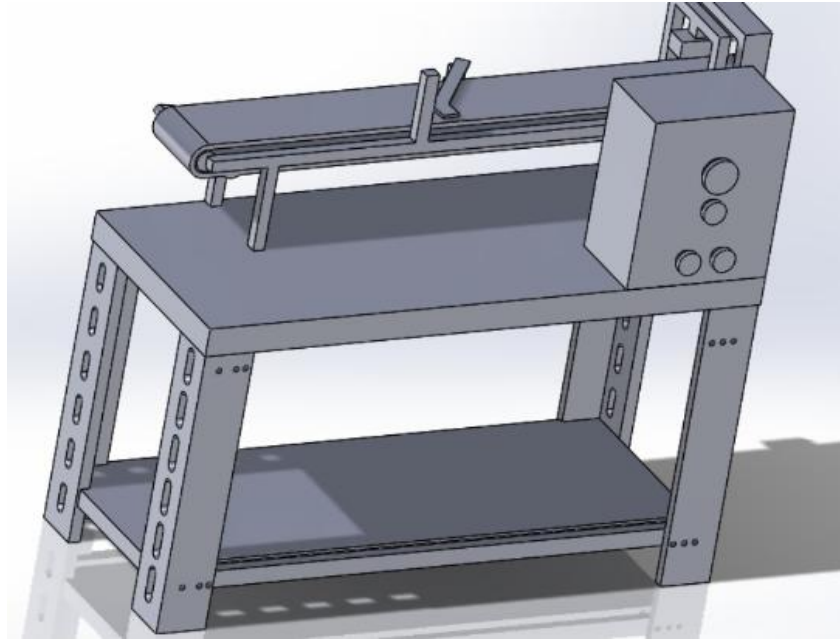
Pada fase ini merupakan output akhir yang dijalankan di VScode dari seluruh rangkaian proses yang berupa file model (.pt atau .onnx) file inilah yang akan menjadi komponen inti dalam skrip python di Visual Studio Code.

- Inference (VS Code)
 1. File best.pt (bobot terbaik hasil training) dimuat ke dalam skrip Python.
 2. Skrip menangkap *stream* video dari IP ESP32-Cam secara nirkabel.

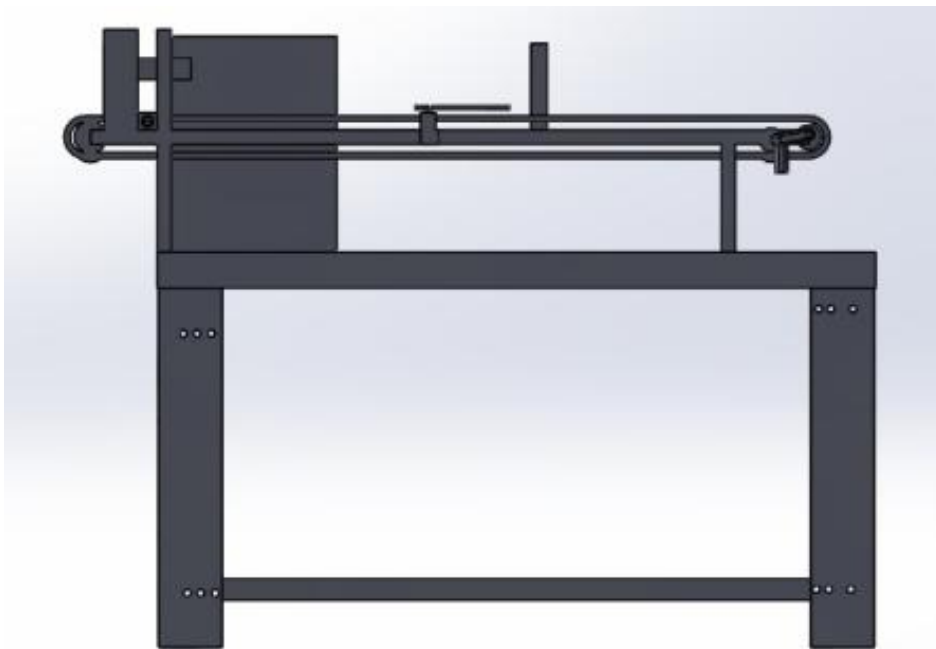
3. Parameter: *Confidence Threshold* (biasanya 0.5 atau 50%). Jika model yakin di atas 50% bahwa itu daging segar, maka label akan muncul.
- Hybrid Logic (Decision Making):
 - a. Terjadi di dalam skrip Python. Sistem membaca dua input:
 1. Visual: Output dari YOLOv5 (Segar/Tidak).
 2. Kimia: Data analog dari sensor MQ-138 (Formalin) yang dikirim Arduino ke Python via Serial.
 - b. Logic: Jika YOLO = Segar DAN MQ-138 < Ambang Batas → Daging Layak. Selain itu → Daging Ditolak.
 - Execution (Action)
 - a. Python mengirim perintah (karakter '1' atau '0') ke Arduino Mega melalui kabel USB (Serial Communication).
 - b. Arduino Mega menerima perintah:
 1. Menggerakkan Servo ke sudut 90° untuk membelokkan daging buruk ke wadah sortir.
 2. Mengontrol BTS7960 untuk mengatur kecepatan konveyor agar pas dengan durasi deteksi.

3.3 Proyeksi 3D perangkat keras sistem

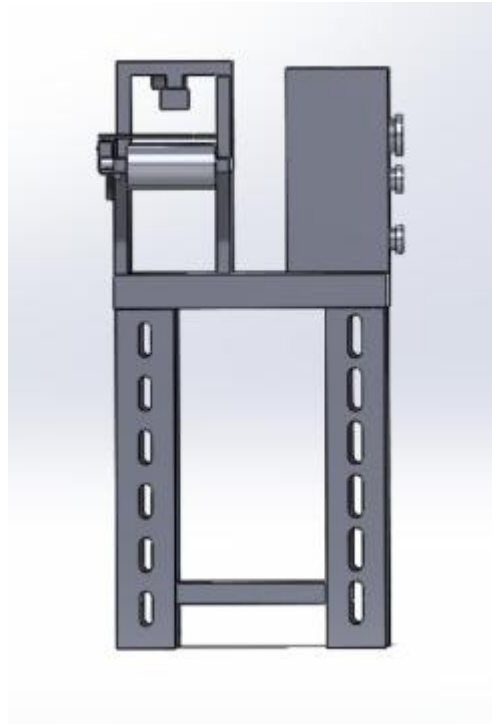
Untuk mendapatkan gambaran pada bagian perancangan dan juga sebagai patokan sistem rangka serta komponen sistem dibuatlah ilustrasi 3D alat. Pada 3D ilustrasi alat ini meliputi rangka alat yang digunakan esp 32-cam, arduino atmega 2560, sensor ir proximity, sensor gas mq-138, Serta aktuator motor DC, dan motor servo. **Gambar 3.8** merupakan ilustrasi 3D alat yang digunakan.



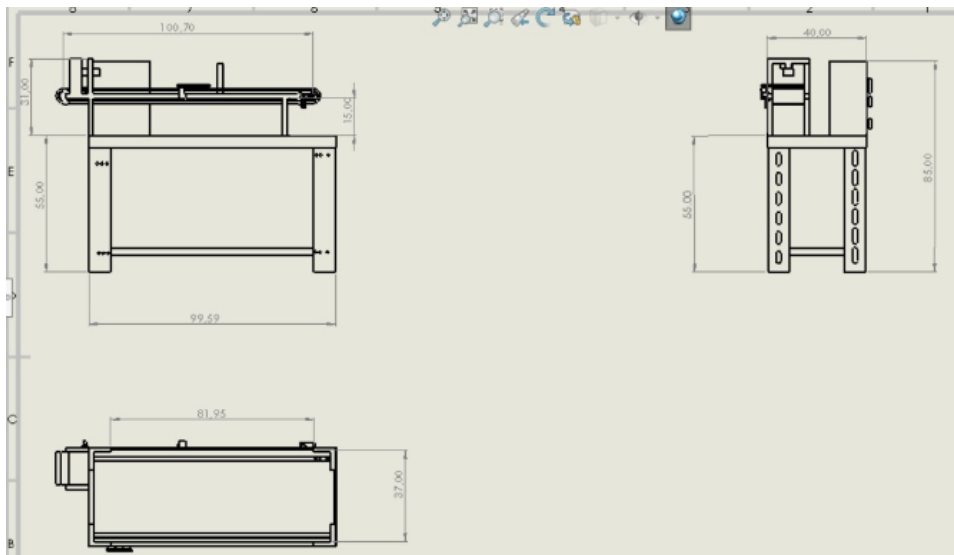
Gambar 3. 9 Model desain 3D alat



(a) Tampak samping alat Panjang 100 cm dan Tinggi 85 cm



(b) Tampak belakang dengan tinggi keseluruhan 85cm



(c) Ukuran dimensi alat keseluruhan

Gambar 3. 10 (a) Tampak samping sekitar 100cm dan tinggi 85 cm; (b) Tampak belakang dengan tinggi keseluruhan 85 cm; (c). Ukuran dimensi alat keseluruhan

3.4 Spesifikasi dan fitur

Spesifikasi dari alat yang dibuat rancang bangun sistem penguji kualitas daging sapi otomatis menggunakan esp 32-cam berbasis you only look once (yolo) yaitu sebagai berikut;

1. Menggunakan catu daya utama 220 VAC Menyediakan sumber listrik utama untuk seluruh sistem, memungkinkan sistem bekerja dengan stabil.
2. Menggunakan Power supply 12V 30A/30A Mengonversi tegangan AC menjadi DC 12V untuk menyalakan motor, mikrokontroler, dan modul lainnya dengan arus yang cukup besar.
3. Menggunakan Arduino Atmega 2560 Berfungsi sebagai pusat kendali utama (mikrokontroler), Memiliki banyak pin digital dan analog, cocok untuk sistem dengan banyak sensor dan aktuator.
4. Menggunakan ESP 32-CAM Modul kamera berbasis WiFi yang dapat menangkap gambar objek secara otomatis dan mengirimkannya untuk diproses oleh sistem deteksi objek.
5. Menggunakan Sensor gas MQ-138 Digunakan untuk mendeteksi keberadaan senyawa gas organik volatile (VOCs), seperti amonia, formaldehida.
6. Menggunakan Sensor IR Proximity Mendeteksi keberadaan objek (misalnya daging) di jalur konveyor.
7. Menggunakan Motor DC Power Window 12V dengan kemampuan RPM mencapai 50-90. Digunakan sebagai penggerak konveyor atau bagian mekanis sistem untuk memindahkan objek secara perlahan dan terkontrol.
8. Menggunakan motor servo Berfungsi untuk mengarahkan atau menyortir objek (misalnya, memindahkan daging ke tempat sesuai klasifikasi: segar/busuk).
9. Menggunakan Box
10. Menggunakan alat elektronika tambahan lainnya yang akan digunakan guna menyempurnakan sistemnya.
11. Menggunakan Stepdown LM2495 12V to 5V yang digunakan untuk Arduino, dan komponen lainnya.

Bisa dilihat pada **Tabel 3.1** untuk mengetahui konsumsi daya sistemnya

Tabel 3. 1 Konsumsi Daya Sistem

Komponen	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Arduino ATmega 2560	5V	0.05A	0.25
ESP32-Cam	5V	0.31A	1.55
Sensor IR Proximity	5V	0.02A	0.10
Sensor MQ-138	5V	0.18A	0.90
Driver BTS7960	5V	0.04A	0.20
Motor Servo MG995	5V	0.50A	2.50
Motor DC Power Window	12V	8.00A	96.00
Total Daya Operasional			101.5 W

Total konsumsi daya saat kondisi beban puncak (peak load) dihitung dengan persamaan daya DC ($P = V \times I$)

$$P_{total} = P_{logic} + P_{actuator}$$

$$P_{total} = (0,25 + 1,55 + 0,10 + 0,90 + 0,20 + 2,50 + 96,00)$$

$$P_{total} = 101,5 \text{ Watt}$$

Kapasitas PSU (*Power supply unit*)

$$P_{max} = V \times I = 12V \times 30A = 360 \text{ Watt}$$

Berdasarkan perhitungan beban total sebesar 101.5 Watt, maka sistem memiliki cadangan daya (*Safety Factor*) sebesar:

$$Safety\ Factor = \left(\frac{Kapasitas\ Daya\ PSU}{Total\ Beban\ Daya} \right)$$

$$Safety\ Factor = \left(\frac{360}{101.5} \right) = 3,55$$

Untuk Cadangan daya sebesar 3,55 kali lebih besar dari kebutuhan daya maka bisa dikatakan sangat aman untuk mengantisipasi lonjakan arus (*inrush current*) saat motor DC mulai berputar.

Total arus yang digunakan sistem keseluruhan $I_{total} = 9,1A$, dihitung dengan menambah semua arus komponen yang digunakan dan PSU yang digunakan juga memiliki spesifikasi yang jauh lebih besar dari arus keseluruhan jadi aman. Dengan menggunakan PSU 12V 30A ini karena:

1. Cadangan arus yang cukup dimana sistem hanya membutuhkan sekitar 9,1A sehingga penggunaan PSU 30A memberikan Cadangan arus yang sangat besar untuk menjaga sistem stabil.
2. Menghindari PSU untuk kerja pada beban maksimum bisa menyebabkan panas berlebih (*overheating*), Penurunan tegangan output (*Voltage drop*).
3. Antisipasi pengembangan sistem bisa menambah komponen tambahan selama pengerjaan.
4. Antisipasi lonjakan arus motor dc power window biasa memiliki arus sekitar 8A saat operasi normal. Namun biasanya saat start awal arus awal (*inrush current*) yang dapat mencapai 2-3 kali dari arus normalnya untuk perkiraan lonjakan arusnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_{start} = 3 \times I_{nominal} = 3 \times 8$$

$$I_{start} = 24A$$

Dimana pada saat awal motor arus memungkinkan mencapai 24A.

3.5 Prinsip kerja

Sistem bekerja secara otomatis menggunakan metode validasi ganda (*hybrid*) yang menggabungkan parameter kimia dan visi komputer untuk menjamin akurasi hasil. Proses dimulai ketika motor *power window* menggerakkan sabuk konveyor sepanjang 100 cm dengan kecepatan linear 10,4 cm/s. Saat daging sapi melewati jalur dan memicu Sensor IR Proximity, Arduino Mega 2560 akan menginstruksikan *driver* BTS7960 untuk menghentikan putaran motor secara instan agar daging berhenti tepat di depan area pemindaian.

Pada posisi diam tersebut, sistem melakukan dua tahap deteksi secara berurutan:

1. Analisis Kimia (Sensor MQ-138) sensor gas melakukan pemindaian selama 7 detik untuk mengukur kadar senyawa volatil. Jika perbandingan nilai ADC udara bersih (215-228) terhadap sampel daging menunjukkan $\text{Ratio} \leq 2.5$, maka daging terdeteksi mengandung formalin.
2. Analisis Visual (YOLOv5ss) secara bersamaan, ESP32-CAM mengambil citra daging untuk diolah menggunakan algoritma YOLOv5ss selama 15 detik. Algoritma ini memiliki mAP 53,8% yang difokuskan untuk mengenali klasifikasi kesegaran berdasarkan tekstur dan warna.

Keputusan akhir merupakan integrasi dari kedua parameter tersebut. Jika salah satu atau kedua parameter menyatakan daging "Tidak Layak" (berformalin atau busuk), Arduino akan memerintahkan motor servo bergerak ke sudut 165° (Posisi Sortir) untuk menghadang dan membelokkan daging keluar dari jalur utama. Sebaliknya, jika daging dinilai segar, servo tetap berada pada sudut 125° (Posisi Standby) agar daging dapat melaju ke wadah utama. Setelah proses selesai, konveyor akan kembali aktif secara otomatis untuk memproses sampel berikutnya dengan tingkat akurasi operasional sistem mencapai 80%.

3.6 Teknik Fabrikasi

3.6.1 Alat dan Bahan

Sistem pengujian terhadap kualitas daging sapi secara otomatis membutuhkan beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam merancang sistem yang baik dan insyaallah stabil. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1 Alat dan bahan.

Alat dan bahan	Fungsi
Arduino Atmega 2560	Mikrokontroler yang digunakan atau otak sistem.
Esp32-cam	Mengambil gambar daging untuk diproses dengan Yolo.
Sensor MQ-138	Mendeteksi gas formalin pada daging sapi.
Sensor IR Proximity	Mendeteksi keberadaan daging untuk mengulang sistem konveyer.
Motor DC 12V Power Window	Menggerakkan konveyer agar daging berjalan ke tempat sortir.
Motor Servo	Menyortir daging segar dan tidak segar/berformalin.
Motor Driver BTS7960	Sebagai pengontrol kecepatan dan arah putaran motor DC.
Stepdown LM2596 (12V- 5V-3.3V)	Penurun tegangan ke 5V-3.3V dari 12V
Pushbutton	Memulai sistem dan menghentikan

3.6.2 Perancangan perangkat keras

Pada tahapan perancangan perangkat keras untuk membuat sistem pengujian terhadap kualitas daging sapi secara otomatis, Dilakukan tiga tahapan proses:

a. Perancangan dan Perakitan Sistem Mekanik

Pada proses ini mencakup penyusunan dan penyambungan seluruh komponen elektronika sesuai dengan rancangan sistem. Komponen seperti Arduino ATmega2560, ESP32-CAM, sensor MQ-138, sensor IR proximity, motor servo, motor DC konveyor, dan driver motor BTS7960 dirangkai berdasarkan wiring diagram yang telah dibuat sebelumnya. Power supply 12V digunakan sebagai sumber utama, kemudian diturunkan melalui step-down regulator menjadi 5V dan 3.3V sesuai kebutuhan masing-masing komponen. Penempatan setiap komponen juga akan disesuaikan dengan desain mekanik, agar terintegrasi secara efisien dalam panel box.

3.6.2.1 Perancangan Transmisi Pulley and Belt

Sistem transmisi pada conveyor ini menggunakan mekanisme *pulley* dan *belt* untuk mentransmisikan daya dari motor DC (BTS7960 driver) ke *shaft roller*. Pemilihan sistem ini didasarkan pada kelebihanannya yang mampu meredam getaran dan tidak memerlukan pelumasan intensif.

- Komponen yang digunakan *timing belt* berbahan karet dengan penguat serat baja dan dua buah *timing pulley* berbahan aluminium.
- Fungsinya untuk menghubungkan poros motor dengan poros *roller* penggerak. Rasio *pulley* dirancang untuk mendapatkan torsi yang cukup guna menarik beban daging di atas sabuk conveyor tanpa slip.

Bisa dilihat pada **Gambar3.10** dibawah.



Gambar 3. 11 Pemasangan Pulley dan belt

b. Perhitungan Pulley dan Belt (Sistem Transmisi)

Dengan menggunakan Standar GT2 (*Pitch* $P=2\text{mm}$) dengan jumlah gigi *pulley* motor (Z_1) sekitar 20 dan *pulley roller* (Z_2) = 40 (Rasionya 1:2 untuk peningkatan torsi).

- Diameter Pitch Pulley Motor (D_1):

$$D_1 = \frac{Z_1 \cdot P}{\pi} = \frac{20 \cdot 2}{3,14} \\ \approx 12,73 \text{ mm}$$

- Diameter Pitch Pulley Roller (D_2):

$$D_2 = \frac{Z_2 \cdot P}{\pi} = \frac{40 \cdot 2}{3,14} \\ \approx 25,46 \text{ mm}$$

D_1 = Diameter pitch pulley motor saat sabuk melingkar

D_2 = Diameter pitch pulley motor saat sabuk melingkar

P = Jarak antar pusat gigi pada sabuk (belt)

- Rasio Kecepatan (i):

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{40}{20} = 2, \text{ Dimana setiap 2 putaran motor,}$$

Roller berputar 1x, Torsi motor dilipatgandakan 2x

i = Rasio Transmisi (*Gear Ratio*) = Perbandingan

Kecepatan antara motor dan roller

z_1 = Jumlah gigi pulley motor yang menempel langsung pada as motor DC Power Window.

z_2 = Jumlah gigi pulley yang menempel pada poros (*Shaft*) pemutar konveyer.

Artinya setiap 2 putaran motor akan menghasilkan 1 putaran roller, yang meningkatkan torsi output sebanyak 2x lipat

- Panjang Keliling Sabuk (*Belt Length – L*), Jika jarak antar poros motor ke poros *roller* (C) Adalah 100 mm:

$$L = 2C + 1,57(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(100) + 1,57(12,73 + 25,46) + \frac{(25,46 - 12,73)^2}{400}$$

$$L = 200 + 59,94 + 0,40 = 260,34 \text{ mm}$$

- Daya Tarik Konveyer (F)

Dengan asumsi efisiensi motor dan transmisi (η) sebesar 80% atau 0,8. Daya pada PWM 180 sebesar 51,66 Watt,

$$\text{maka } T_{roller} = \frac{Px\eta}{\omega} = \frac{51,66 \times 0,8}{6,28} \approx 6,28 \text{ Nm}$$

Jika diameter roller 50 mm ($r = 0.025 \text{ m}$)

$$F = \frac{T_{roller}}{r} = \frac{6,28 \text{ Nm}}{0,025 \text{ m}} = 263,2 \text{ N}$$

- Estimasi Kapasitas beban *MAX*

Meenggunakan koefisien gesek (μ) antara belt dan alas sebesar 0,4 maka:

$$F = \mu \times m \times g = 263,2 = 0,4 \times m \times 9,8$$

$$m = \frac{263,2}{3,92} \approx 67 \text{ kg}$$

Jadi, dapat secara teori, motor mampu menarik beban hingga 67 kg, Namun untuk menjaga keawetan motor, beban dibatasi pada sampel untuk tidak melebihi 100 g saja karena masih rancang bangun alatnya.

c. Perhitungan Daya Elektrik (Input)

Dengan menggunakan tabel dari pengujian di bab IV titik operasional paling stabil pada PWM (150) dan titik torsi tertinggi PWM (180):

- Daya pada PWM 150 (kondisi stabil):

$$P = V \times I = 7,06 \text{ V} \times 4,8 \text{ A} = 33,88 \text{ Watt}$$

- Daya pada PWM 180 (Torsi Tinggi):

$$P = V \times I = 8,47 \text{ V} \times 6,1 \text{ A} = 51,66 \text{ Watt}$$

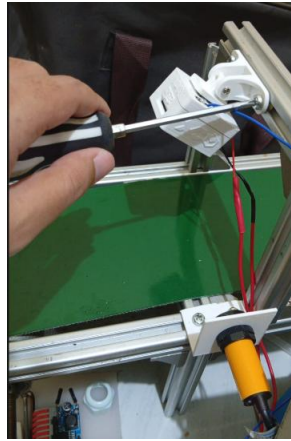
3.6.2.2 Perancangan Kamera ESP32-Cam pada Conveyor

Perancangan peletakan kamera merupakan hal krusial untuk memastikan akurasi deteksi YOLOv5s. Kamera ESP32-CAM ditempatkan pada sebuah *stand* (penyangga) permanen di atas jalur conveyor.

- Posisi kamera (ESP32-Cam) diletakkan tepat di atas titik berhentinya objek (*top-down view*) dengan ketinggian sekitar 15–20 cm dari permukaan sabuk.
- Sudut pandang (POV) dari posisi tegak lurus dipilih untuk meminimalisir distorsi gambar dan memastikan fitur tekstur serta warna daging tertangkap secara optimal untuk diolah oleh sistem AI.

- Pencahayaan pada penyangga kamera dilengkapi dengan ruang untuk modul pencahayaan eksternal guna menjaga konsistensi intensitas cahaya saat proses pengambilan data gambar (Opsional).

Berikut **Gambar 3.11** dari perancangan kamera ESP32-Cam pada *conveyer*.



Gambar 3. 12 Pemasangan ESP32-Cam di conveyor

3.6.2.3 Perancangan Shaft Roller pada *Conveyor*

Shaft roller dirancang sebagai tumpuan utama sabuk conveyor. Terdiri dari dua bagian utama: *drive roller* (penggerak) dan *idle roller* (pengikut).

- Untuk bahannya *Shaft* menggunakan batang besi/stainless steel untuk kekuatan mekanik, sedangkan *roller* menggunakan aluminium yang dilapisi bahan *friction* (karet) agar sabuk tidak mudah bergeser.
- Untuk bearing Setiap ujung *shaft* dilengkapi dengan bantalan gelinding (*ball bearing*) tipe UCFL atau sejenisnya untuk memperkecil gaya gesek saat poros berputar, sehingga kerja motor driver BTS7960 menjadi lebih ringan.

3.6.2.4 Perancangan Sortir pada *Conveyor*

Untuk mekanisme sortir dirancang untuk memisahkan daging secara fisik berdasarkan hasil klasifikasi kualitas (Segar atau Tidak Segar). Berbeda dengan sistem *pusher* (pendorong), alat ini menggunakan metode *diverter* (pengarah) dengan lengan berbentuk L yang digerakkan oleh motor servo secara interupsi.

- Lengan sortir dirancang menyerupai huruf "L" menggunakan material 3D Printing. Bentuk L dipilih agar lengan memiliki area hadang yang lebih luas dan stabil saat menahan laju daging yang sedang dibawa oleh sabuk *conveyor*.
- Mekanisme Kerja (Diverter Method) Lengan ini terhubung langsung ke *horn* motor servo yang diletakkan di sisi pinggir jalur *conveyor*. Ketika sistem memberikan sinyal 'N' (Tidak Segar), servo akan berputar sehingga lengan L yang tadinya berada di pinggir jalur akan bergerak menutup lintasan secara diagonal. Lengan tidak memukul daging, melainkan menghadang dan mengarahkan daging agar tergelincir keluar dari sabuk menuju wadah penampungan (afkir).
- Logika Gerak dan Sudut:
 1. Posisi Standby (125°) lengan berada sejajar dengan pembatas jalur *conveyor* sehingga daging segar dapat lewat dengan bebas di jalur utama.
 2. Posisi Sortir (165°) lengan berputar menutup jalur secara diagonal. Posisi sudut 165° dipilih agar membentuk sudut kemiringan tertentu yang memudahkan daging "tergelincir" keluar tanpa merusak tekstur daging.
- Unit sortir diposisikan setelah area kamera dan sensor MQ-138. Jarak peletakan diperhitungkan berdasarkan kecepatan sabuk *conveyor* agar saat hasil deteksi keluar, lengan L sudah berada pada posisi menutup sebelum daging mencapai titik sortir.

a. Torsi pada Roller (Troller)

Bisa diasumsikan jika efisiensi kemampuan konveyor dalam menarik beban jika beban daging (1-5 kg) pada kondisi PWM 180 (Torsi tinggi)

- Torsi pada roller (T roller)

Diasumsika efisiesni motor dan transmisi sekitar 80% ($\eta = 0.8$) dan kecepatan putar roller saat beban berat adalah sekitar 60 RPM ($\omega = 6,28$ rad/s): Maka,

$$T_{roller} = \frac{Px\eta}{\omega} = \frac{51,66 \times 0,8}{6,28} \approx 6,58 Nm$$

- Gaya Tarik konveyer (F)

Jika diameter roller 50 mm ($\tau = 0,025m$) maka,

$$F = \frac{T_{roller}}{\tau} = \frac{6,58Nm}{0,025m} = 263,2 N$$

- Kapasitas beban maksimal (m)

Gaya Tarik ini harus melawan gaya gesek beban daging

$$F = \mu \cdot m \cdot g$$

Jika koefisien gesek (μ) antara belt dan alas sekitar 0,4:

$$263,2 = 0,4 \cdot m \cdot 9,8$$

$$m = \frac{263,2}{3,92} \approx 67 kg$$

b. Pengujian

Setelah perakitan alat selesai, dilakukan pengujian awal untuk memastikan setiap komponen bekerja dengan baik. Pengujian ini meliputi:

1. Pengecekan koneksi kabel dan kestabilan daya dari PSU ke semua modul.
2. Pemeriksaan sinyal input dari sensor proximity dan sensor MQ-138 ke Arduino.
3. Pengujian komunikasi antara ESP32-CAM dengan server (cloud/Colab),

4. Uji respons motor servo dan motor DC saat perintah sortir dan conveyor diaktifkan.

Hasil ini akan menentukan apakah sistem perlu diperbaiki sebelum masuk ke tahap kalibrasi.

c. Kalibrasi

Tahap ini bertujuan untuk menyelaraskan akurasi dan sensitivitas tiap perangkat sensorik serta respons aktuator secara real-time.

1. Sensor IR proximity dikalibrasi agar dapat mendeteksi keberadaan daging secara akurat tanpa terpicu oleh objek selain daging.
2. Sensor MQ-138 dikalibrasi berdasarkan ambang batas kadar formalin.
3. Kalibrasi motor servo dilakukan untuk mengatur sudut dorong ke arah kotak sortir secara presisi.
4. Sistem deteksi gambar dengan ESP32-CAM juga diuji ulang agar posisi pengambilan gambar optimal, serta sinkronisasi waktu capture dengan proses deteksi YOLOv5s berjalan lancar.

Kalibrasi dilakukan secara bertahap hingga sistem dapat bekerja stabil dan memberikan klasifikasi hasil deteksi dengan akurasi yang dapat diterima.

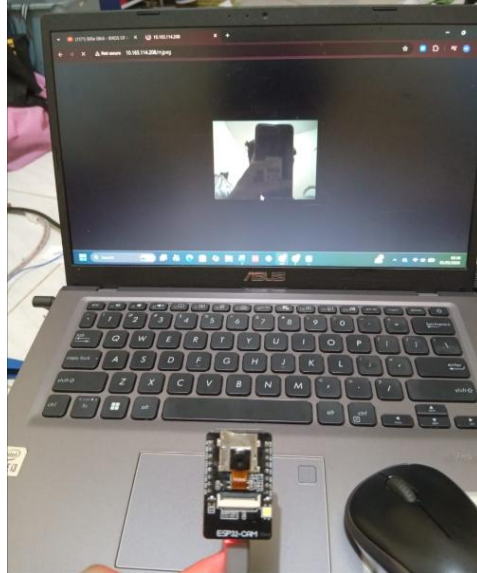
3.6.3 Perancangan sistem YOLO

Tahapan perancangan sistem YOLO (*You Only Look Once*) merupakan bagian penting dalam proses deteksi kualitas daging sapi secara otomatis. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara efisien dan real-time dalam mengidentifikasi kondisi daging menggunakan pendekatan *object detection*. Dalam tahapan perancangan YOLOv5s, terdapat beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu:

3.6.3.1 ESP32-Cam

ESP32-CAM merupakan modul kamera berbasis mikrokontroler ESP32 yang digunakan untuk mengambil gambar

daging secara langsung dari jalur conveyor. Kamera ini terintegrasi dengan sistem untuk mengambil citra saat sensor *IR proximity* mendeteksi keberadaan objek. Gambar yang diambil dikompresi dalam format JPEG dan dikirim melalui koneksi WiFi ke server atau layanan cloud untuk dilakukan pemrosesan lebih lanjut.



(a) Pengujian Esp32-Cam



(b) Pengujian Esp32-Cam

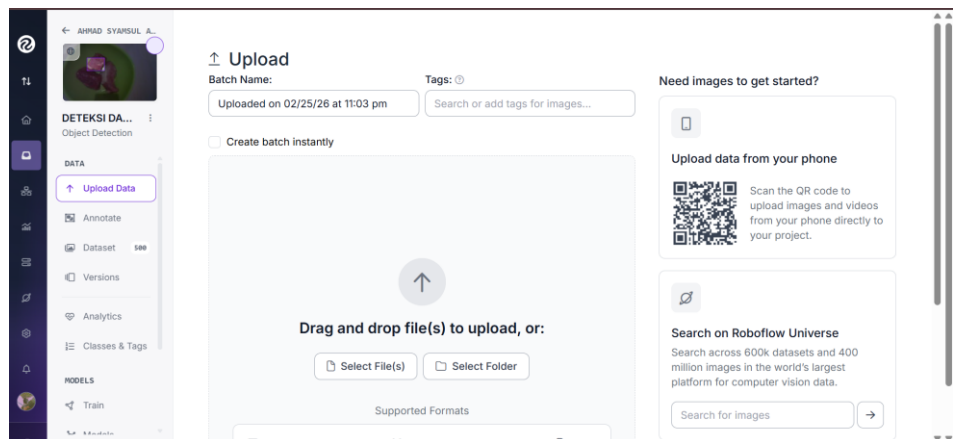


(c) Pengujian Esp32-Cam

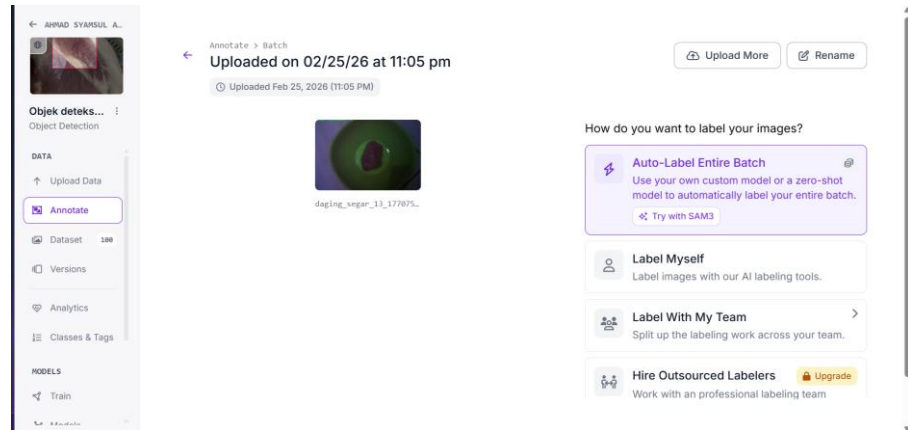
Gambar 3. 13) Pengambilan gambar dan tampilan dengan menggunakan ESP32-Cam

3.6.3.2 Roboflow

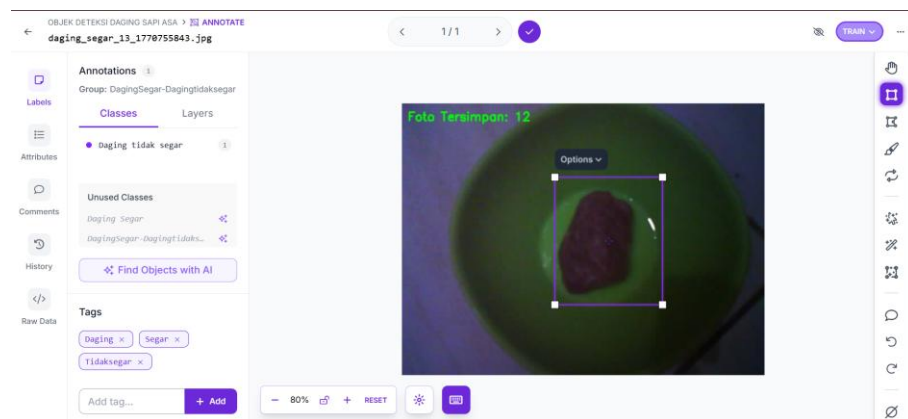
Roboflow digunakan sebagai platform untuk pelabelan data, augmentasi, dan ekspor dataset dalam format yang kompatibel dengan model YOLO. Pada tahap ini, mengumpulkan gambar daging segar dan tidak segar, kemudian dilakukan proses labeling menggunakan bounding box. Setelah itu, dataset diproses melalui fitur preprocessing (seperti *resize*, *flip*, *rotate*) untuk memperkaya variasi data latih, lalu diekspor ke format YOLOv5s dan diunduh untuk pelatihan model.



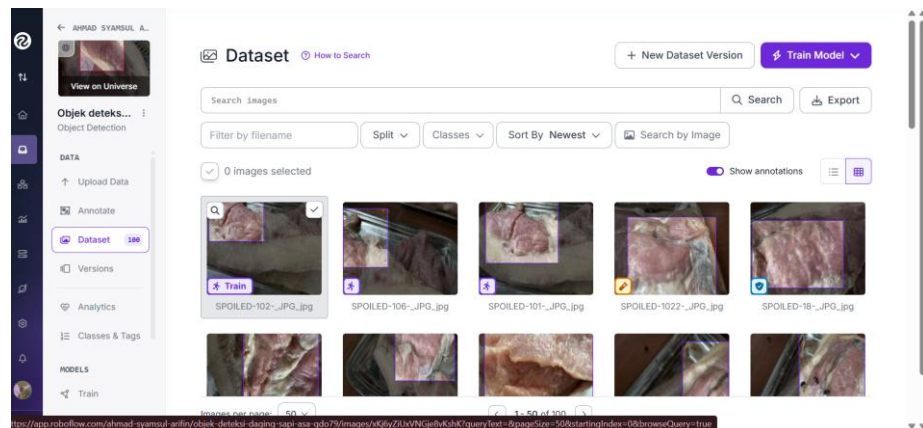
(a) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s



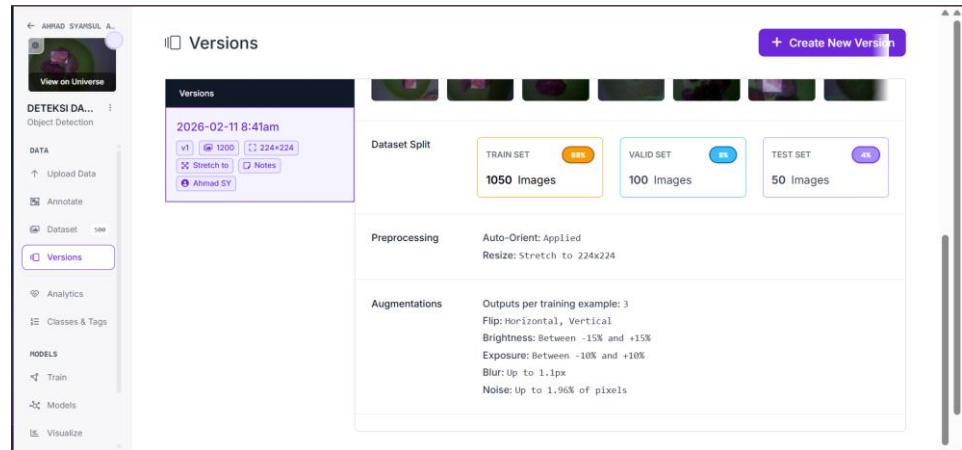
(b) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s



(c) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s



(d) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s



(e) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s

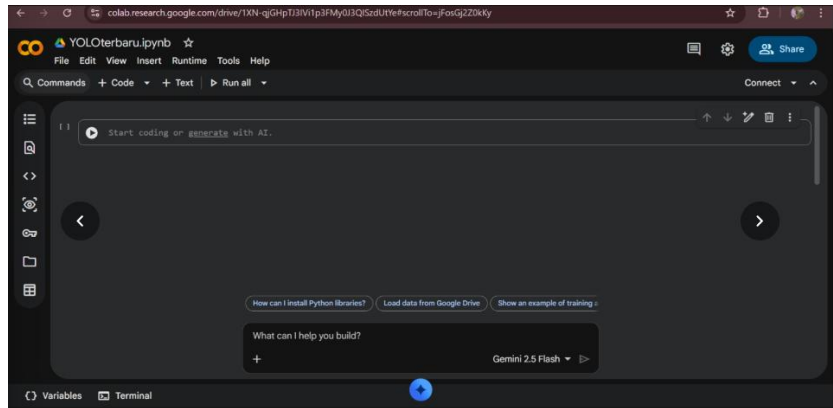
Gambar 3. 14 Merupakan tahap pembuatan model pada roboflow

3.6.3.3 *Firestore (opsional)*

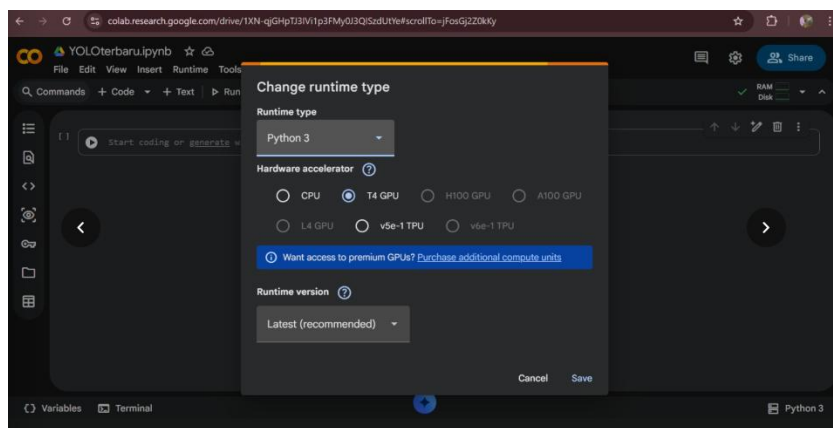
Firestore digunakan sebagai media perantara penyimpanan gambar dari ESP32-CAM ke sistem *cloud*. Gambar yang diambil oleh ESP32-CAM akan di-*upload* ke Firestore Storage secara otomatis. Kemudian, URL gambar ini digunakan oleh Google Colab untuk mengambil citra dan menjalankan proses deteksi menggunakan model YOLO. Firestore juga dapat difungsikan sebagai penyimpan sementara dan integrasi sistem komunikasi antar perangkat.

3.6.3.4 *Google Colab*

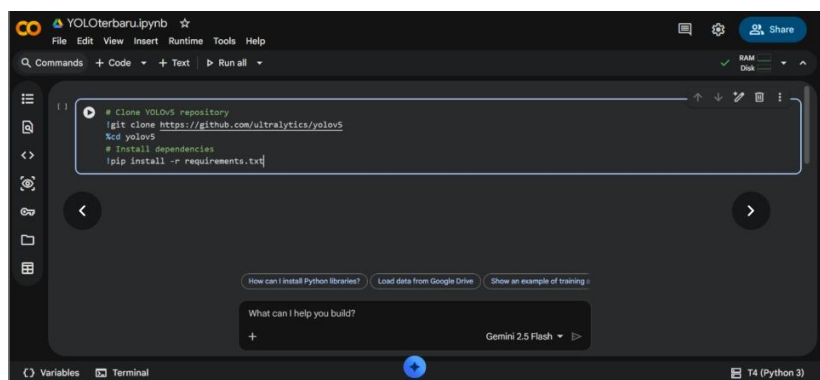
Google Colab berfungsi sebagai platform komputasi berbasis Python untuk menjalankan YOLOv5s. Di tahap ini, file YOLO (meliputi model .pt, file konfigurasi, dan label.yaml) dimuat ke dalam notebook Colab. Gambar dari Firestore diunduh dan diproses dengan OpenCV, kemudian dianalisis menggunakan model YOLO. Hasilnya berupa prediksi kelas (segardaging atau tidaksegardaging) yang dikirim kembali ke Arduino sebagai dasar pengambilan keputusan sortir.



(a) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s



(b) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s



(c) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s

```

Download ultralytics thop-2.0.18.py3-none-any.whl (28 kB)
Installing collected packages: urllib3, ultralytics-thop, thop, ultralytics
  Attempting uninstall: urllib3
    Found existing installation: urllib3 2.5.0
    Uninstalling urllib3-2.5.0:
      Successfully uninstalled urllib3-2.5.0
Successfully installed thop-0.1.1.post2209072238 ultralytics-8.4.14 ultralytics-thop-2.0.18 urllib3-2.6.3

!pip install roboflow

from roboflow import Roboflow
rf = Roboflow(api_key="VF855qIV88s1b8N2n")
project = rf.workspace("rahadisyahul-arifin").project("deteksi-daging-sapi-baru")
version = project.version(1)
dataset = version.download("yolov5")

```

(d) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s

```

28/99 0.8810 0.05161 0.01279 0.001127 30 224: 6X 4/66 [00:00:00:05, 11.13it/s]/cont
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05129 0.01273 0.00126 21 224: 9% 6/66 [00:00:00:05, 10.57it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05226 0.01347 0.001241 34 224: 9% 6/66 [00:00:00:05, 10.57it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05217 0.01358 0.001435 32 224: 12% 8/66 [00:00:00:05, 10.53it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05271 0.01378 0.001359 32 224: 12% 8/66 [00:00:00:05, 10.53it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05231 0.01375 0.001519 23 224: 15% 10/66 [00:00:00:05, 10.14it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05204 0.01373 0.00143 26 224: 15% 10/66 [00:01:00:05, 10.14it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05217 0.014 0.001523 34 224: 18% 12/66 [00:01:00:05, 10.58it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05214 0.01394 0.001442 22 224: 18% 12/66 [00:01:00:05, 10.58it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05191 0.01376 0.001383 28 224: 21% 14/66 [00:01:00:05, 10.29it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05163 0.01368 0.001328 23 224: 21% 14/66 [00:01:00:05, 10.29it/s]/content/yolov5/train.py:4
with torch.cuda.amp.autocast(amp):
28/99 0.8810 0.05208 0.0136 0.001306 23 224: 24% 16/66 [00:01:00:04, 10.40it/s]/content/yolov5/train.py:4

```

(e) Tampilan pembuatan Model YOLOv5s

Gambar 3. 15 Tahap lanjutan dari roboflow agar model yolo sempurna dibuat

3.6.3.5 Visual Code Studio

Visual Studio Code berfungsi sebagai VS Code sangat penting karena Arduino Mega memiliki keterbatasan memori untuk menjalankan algoritma AI yang berat. VS Code memungkinkan PC mengambil alih tugas pengolahan citra (dari ESP32-CAM) dan mengirimkan perintah instruksi balik ke Arduino melalui komunikasi Serial. Tanpa perangkat lunak ini, pemrosesan visual berbasis AI tidak dapat dilakukan.

```

1 import torch
2 import cv2
3 import numpy as np
4 import requests
5 import time
6
7 # =====
8 # 1. KONFIGURASI UTAMA
9 # =====
10 # Ganti dengan IP yang muncul di Serial Monitor Arduino IDE
11 url = "http://10.247.34.288:81/"
12 model_path = "best.pt"
13
14 # --- MENGENAL MODEL AI ---
15 # Reload model YOLOv5 menggunakan file best.pt kamu
16 model = torch.hub.load('ultralytics/yolov5', 'custom', path=model_path)
17
18 # =====
19 # =====
20 # =====
21 # =====
22 # =====
23 # =====
24 # =====
25 # =====
26 # =====
27 # =====
28 # =====
29 # =====
30 # =====
31 # =====
32 # =====
33 # =====
34 # =====
35 # =====
36 # =====
37 # =====
38 # =====
39 # =====
40 # =====
41 # =====
42 # =====
43 # =====
44 # =====
45 # =====
46 # =====
47 # =====
48 # =====
49 # =====
50 # =====
51 # =====
52 # =====
53 # =====
54 # =====
55 # =====
56 # =====
57 # =====
58 # =====
59 # =====
60 # =====
61 # =====
62 # =====
63 # =====
64 # =====
65 # =====
66 # =====
67 # =====
68 # =====
69 # =====
70 # =====
71 # =====
72 # =====
73 # =====
74 # =====
75 # =====
76 # =====
77 # =====
78 # =====
79 # =====
80 # =====
81 # =====
82 # =====
83 # =====
84 # =====
85 # =====
86 # =====
87 # =====
88 # =====
89 # =====
90 # =====
91 # =====
92 # =====
93 # =====
94 # =====
95 # =====
96 # =====
97 # =====
98 # =====
99 # =====
100 # =====

```

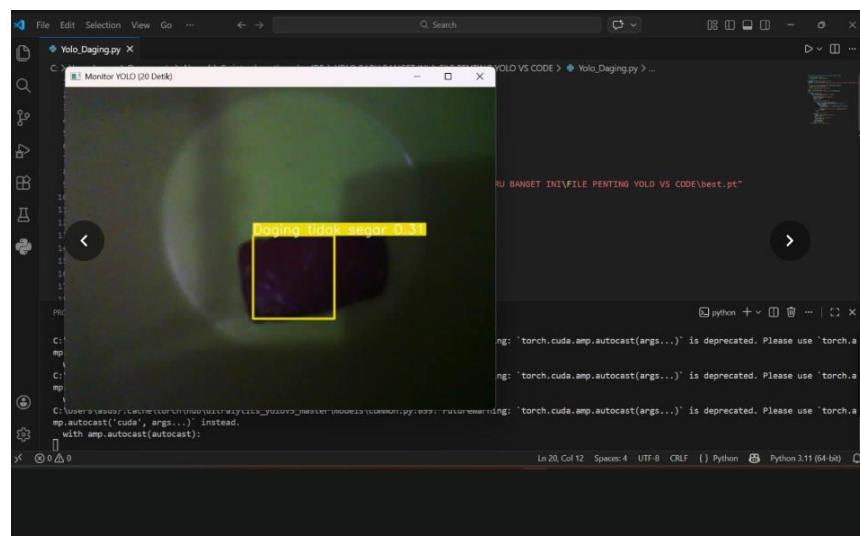
Gambar 3. 16 Tampilan Vscode setelah model berhasil dibuat

3.6.3.6 Python

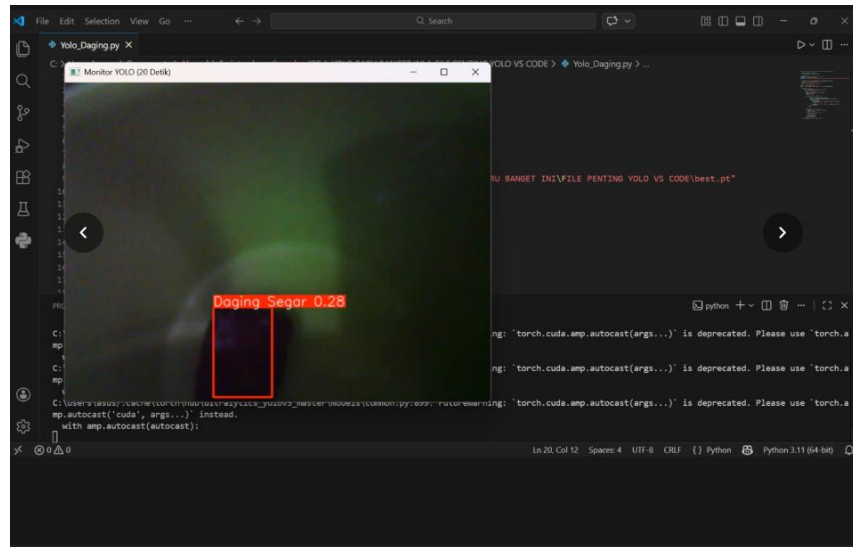
Bahasa pemrograman Python digunakan untuk menulis seluruh skrip dalam Google Colab. Python juga digunakan untuk:

1. Membaca gambar dari Firebase,
2. Melakukan preprocessing menggunakan OpenCV,
3. Memuat dan menjalankan model YOLOv5s,
4. Mengekstrak bounding box dan confidence score,
5. Melakukan post-processing dengan metode *Non-Maximum Suppression*.

Suppression.



(a) Tampilan Model YOLOv5s



(b)

Gambar 3.17 *Tampilan Model YOLOv5s*

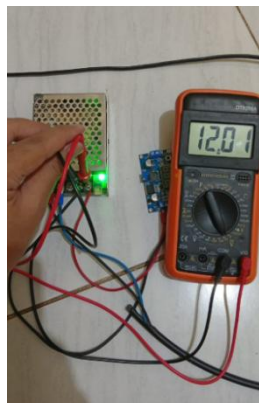
BAB IV ANALISA DAN PENGUJIAN

4.1 Hasil Pengujian Fungsionalitas Komponen

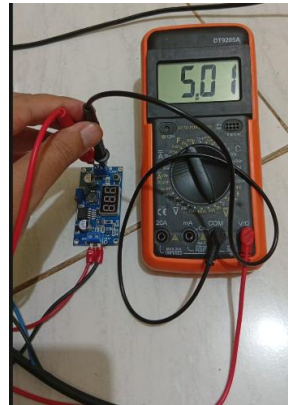
Berdasarkan hasil percobaan dan pengujian yang dilakukan selama proses pembuatan alat tugas akhir ini, bab ini disusun untuk menunjukkan sejauh mana kinerja alat yang telah dibuat, baik dari segi performa setiap komponen yang digunakan maupun alur kerja sistem secara keseluruhan. Pengujian telah dilakukan mulai dari kinerja dari komponen utama *Power Supply Unit*, *Sensor IR Proximity*, *Sensor MQ-138*, *Motor Dc Power Window*, *Motor Servo*, *Driver Motor BTS7960*, *ESP32-Cam* dan *Arduino Atmega 2560*. Dan hasilnya kemudian dibandingkan dengan spesifikasi teknis dari masing-masing komponen. Selanjutnya, dilakukan pengujian sistem secara menyeluruh untuk memastikan alat dapat berfungsi sesuai tujuan perancangan. Hasil pengujian ini juga menjadi dasar dalam proses perbaikan melalui metode trial and error, guna memperoleh performa alat yang optimal dan sesuai yang diharapkan.

4.1.1 Pengujian Power Supply Unit 12V 20A Dan *Stepdown* LM2596

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keefektifan penggunaan komponen. *Power Supply Unit* juga merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem ini berfungsi sebagai sumber daya utama yang mendistribusikan tegangan ke seluruh komponen lainnya. Pengujiannya dengan modul *Stepdown* LM2596 dengan output 5VDC. Bisa dilihat pada **Gambar 4.1** dibawah.



(a) Pengujian V pada PSU



(b) Pengujian V pada stepdown

Gambar 4. 1 Pengujian *Power Supply Unit* dengan *Stepdown LM2945*

Pengujian pada **Gambar 4.1** ini melibatkan penggunaan PSU 12VDC 10A dengan sumber tegangan AC ke DC. Kemudian modul *Stepdown* LM2945 akan menurunkan 12VDC ke 5V menggunakan beberapa variasi resistor sebagai beban. Berikut hasil pengujian bisa dilihat **Tabel 4.1 & Tabel 4.2.** dibawah ini.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian PSU 12V 20A Tanpa Beban

No	Power Supply Unit 12V 30A			Lm2596 12V to 5V			Error Tegangan (%)
	(VAC)	(VDC)	A	Vout(V)	Iout(A)	Pout(W)	
1.	220	12	0,01	5	0,02	0,1	1%
2.	220	12	0,01	5	0,02	0,1	1%
3.	220	12	0,01	5	0,02	0,1	1%
4.	220	12	0,01	5	0,02	0,1	1%
5.	220	12	0,01	5	0,02	0,1	1%

Berdasarkan **Tabel 4.1** pengujian Power Supply 12V 30A yang dihubungkan dengan modul step-down LM2596 (12V ke 5V), diperoleh

hasil pengukuran yang relatif konsisten pada lima kali percobaan. Tegangan input dari sumber listrik sebesar 220 VAC berhasil dikonversi oleh power supply menjadi 12 VDC dengan arus sebesar 0,01 A pada sisi output power supply.

Selanjutnya, tegangan 12 VDC tersebut diturunkan menggunakan modul LM2596 menjadi tegangan keluaran 5 V yang digunakan untuk menyuplai komponen sistem seperti mikrokontroler dan sensor. Berdasarkan hasil pengukuran, modul menghasilkan tegangan output stabil sebesar 5 V dengan arus 0,02 A, sehingga daya keluaran yang dihasilkan sebesar 0,1 W.

Dari lima kali pengujian yang dilakukan, nilai error tegangan sebesar 1% menunjukkan bahwa modul step-down bekerja dengan cukup stabil dan memiliki tingkat kesalahan yang sangat kecil. Nilai error yang rendah ini menandakan bahwa proses penurunan tegangan dari 12 V menjadi 5 V berlangsung dengan baik dan masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk sistem elektronika.

Selain itu, konsistensi nilai pengukuran pada setiap percobaan juga menunjukkan bahwa power supply dan modul LM2596 mampu memberikan tegangan yang stabil, sehingga dapat mendukung kinerja sistem secara optimal tanpa menimbulkan fluktuasi tegangan yang signifikan.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian PSU 12V 20A Beban

No	Power Supply Unit `12V 30A			Lm2596 12V to 5V			Error Tegangan (%)
	(VAC)	(VDC)	A	Vout(V)	Iout(A)	Pout(W)	
1.	220	12	1,13	5	0,80	4	1%
2.	220	12	1,13	5	0,80	4	1%
3.	220	12	1,13	5	0,80	4	1%
4.	220	12	1,13	5	0,80	4	1%

No	Power Supply Unit `12V 30A			Lm2596 12V to 5V			Error Tegangan (%)
5.	220	12	1,13	5	0,80	4	1%

Berdasarkan **Tabel 4. 2** pengujian Power Supply 12V 30A yang digunakan bersama modul step-down LM2596 (12V ke 5V), dilakukan lima kali pengujian untuk mengetahui kestabilan tegangan dan arus yang dihasilkan. Pada setiap pengujian, tegangan input dari sumber listrik sebesar 220 VAC berhasil dikonversi oleh power supply menjadi 12 VDC dengan arus sebesar 1,13 A. Tegangan 12 VDC tersebut kemudian diturunkan menggunakan modul LM2596 sehingga menghasilkan tegangan keluaran sebesar 5 V. Berdasarkan hasil pengukuran, arus keluaran modul sebesar 0,80 A dengan daya keluaran sebesar 4 W. Nilai daya ini diperoleh dari hasil perhitungan:

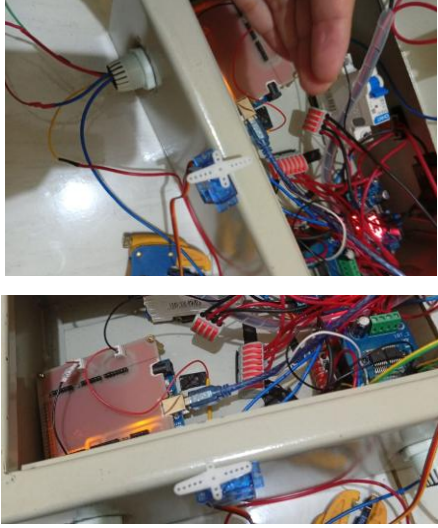
$$P = V \times I = 5 \times 0,80 = 4W$$

Hasil pengujian yang dilakukan sebanyak lima kali menunjukkan nilai yang sama pada setiap percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa power supply dan modul LM2596 bekerja dengan stabil dalam menyuplai tegangan ke sistem. Selain itu, nilai error tegangan sebesar 1% menunjukkan bahwa perbedaan antara tegangan teoritis dan tegangan hasil pengukuran masih berada dalam batas toleransi yang sangat kecil. Nilai error yang rendah ini menandakan bahwa proses konversi tegangan dari 12V menjadi 5V berjalan dengan baik tanpa terjadi penurunan tegangan yang signifikan.

4.1.2 Pengujian Arduino Atmega 2560

Pada pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat berada dalam kondisi yang baik dan dapat beroperasi dengan pada umumnya. Metode yang dilakukan yaitu sederhana menggerakkan motor servo pada pin pwm bisa dilihat pada **Tabel 4.3** dibawah ini.

Tabel 4. 3 Pengujian Fungsional Arduino Atmega 2560

Hasil Pengujian	Keterangan
	<p>Bahwa pin pwm pada Arduino bekerja dengan baik sesuai dengan program yang diberikan. Disimpulkan bahwa Arduino atmega 2560 bekerja dengan baik.</p>

4.1.3 Pengujian Sensor IR Proximity

Pada Pengujian ini difokuskan untuk melihat keefektifan kinerja dari sensor IR Proximity yang nantinya digunakan untuk mendeteksi keberadaan daging di saat konveyer yang sedang berjalan untuk memberhentikan. Output sensor berupa sinyal digital (*HIGH* atau *LOW*) akan diproses Arduino Atmega 2560 untuk mengaktifkan aktuator berupa motor servo. Oleh karena itu pengujian ini dilakukan untuk memastikan sensor bekerja dengan efektif dalam mendeteksi objek dengan baik.



(c) Pengujian jarak IR proximity



(b) Pengujian jarak IR proximity

Gambar 4. 2 a,b .Hasil Pengukuran Jarak benda menggunakan sensor *Infra-red Proximity*

Pengujian sensor ini dilakukan dengan memposisikan objek di beberapa variasi jarak dengan sensor. dan sensor akan mengeluarkan output *LOW* jika objek terdeteksi dan *HIGH* saat objek tidak terdeteksi. Pengukuran nantinya akan digunakan penggaris sebagai referensi jarak aktual seperti pada **Gambar 4.2 a,b**. Dan hasil pengujian pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Pengujian Sensor IR Proximity

Pengujian	Jarak	Output	Keterangan
1	1cm	ON	Terdeteksi
2	2cm	ON	Terdeteksi
3	3cm	ON	Terdeteksi
4	4cm	ON	Terdeteksi
5	5cm	ON	Terdeteksi
6	6cm	ON	Terdeteksi
7	7cm	OFF	Tidak Terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian, sensor IR proximity mampu mendeteksi objek dengan baik pada jarak 1 cm hingga 6 cm yang ditandai dengan kondisi output ON. Pada jarak 7 cm, sensor tidak lagi mendeteksi objek sehingga output menjadi OFF. Hal ini menunjukkan bahwa jarak deteksi efektif sensor berada pada rentang 1–6 cm.

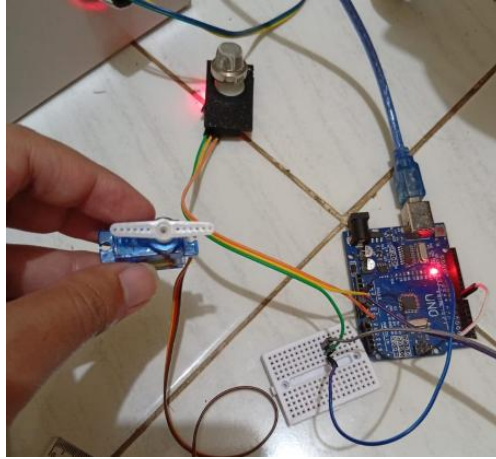
4.1.4 Pengujian Sensor MQ-138 (*Formaldehida*)

Pada pengujian komponen ini yaitu menguji hasil keakuratan dari pembacaan sensor terhadap gas dimana yang di fokuskan kepada gas formaldehida atau formalin. Sensor ini sangat sensitive untuk digunakan sebagai pendeteksi memberikan pembacaan yang lebih akurat. Dibagi menjadi 4 tahap pengujian dengan nilai $R0 = 0,17$ bisa di hitung dengan diantaranya;

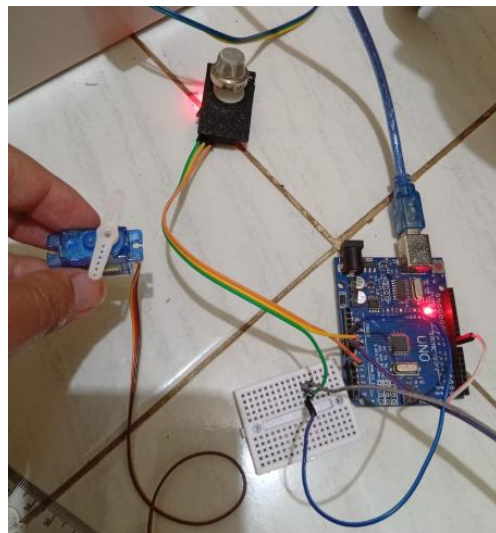
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Gas MQ-138 (*Formaldehida*)

No	Sampel Uji	Nilai ADC (0-1023)	Voltase (V)	Respon Sistem
1	Udara bersih	215	1.05V	Servo Diam (0°)
2	Uap Formalin	780	3.81V	Servo Bergerak (90°)
3	Udara bersih	228	1.11V	Servo Diam (0°)
4	Uap Formalin	812	3.96V	Servo Bergerak (90°)

Berikut merupakan gambar hasil dari pengujian sensor MQ-138 dan Motor Servo untuk menghitung kadar uap udara bersih dan uap formalin untuk proses penyortiran **Gambar 4.3** dibawah ini



(a) Pengujian sinkronsasi MQ-138 dengan motor servo



(b) Pengujian sinkronsasi MQ-138 dengan motor servo



(c) Pengujian menentukan nilai R0

Gambar 4. 3 (a,b) Pengujian Modul sensor MQ-138 dibantu dengan Motor servo

Gambar 4. 4 c. Pengujian menentukan nilai R0

Berdasarkan hasil pengujian, sensor MQ-138 menunjukkan perbedaan nilai pembacaan yang cukup jelas antara udara bersih dan uap formalin. Pada kondisi udara bersih, nilai ADC berada pada kisaran 215–228 dengan tegangan sekitar 1,05–1,11 V, sehingga sistem tidak mengaktifkan servo dan posisi tetap pada 0°.

Sedangkan pada saat sensor terpapar uap formalin, nilai ADC meningkat menjadi 780–812 dengan tegangan sekitar 3,81–3,96 V. Nilai ini melewati batas yang telah ditentukan sehingga sistem memberikan respon dengan menggerakkan servo ke posisi 90°.

Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu membedakan kondisi udara bersih dan udara yang mengandung formalin, sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan yang dirancang.

4.1.5 Pengujian Motor DC Power Window

Pada Pengujian motor DC Power Window ini bertujuan untuk memastikan bahwa komponen dapat bekerja sesuai dengan spesifikasinya. Pengujian ini penting dikarenakan komponen utama dalam menggerakkan konveyer daging. Hasil dari putaran yang dihasilkan akan sangat berpengaruh dengan RPM yang di konveyer. Pengujiannya akan dilakukan 2 kali yaitu kondisi motor DC tanpa beban dan tidak ada beban. Kemudian hasil dari pengujian ini akan dianalisis untuk mengetahui dari konsumsi arus maupun torsi yang berpengaruh pada pergerakan efisiensi sistem secara keseluruhan nantinya.



(a) Pengujian melihat RPM pada motor power window

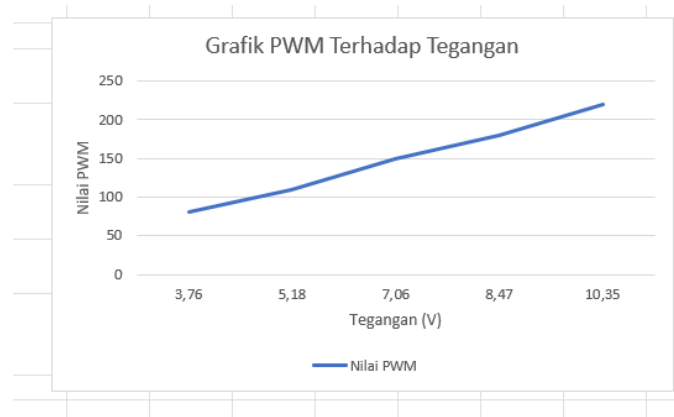


(b) Pengujian menghitung V dan A pada motor power window

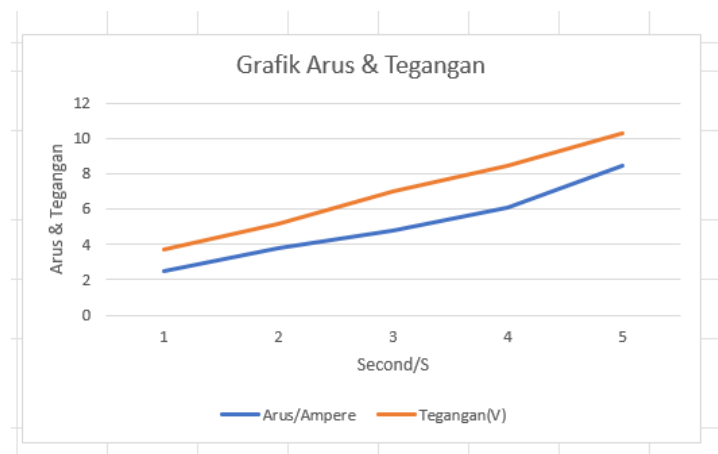
Gambar 4. 5 a. Pengujian motor DC power window RPM

Gambar 4. 6 b. Pengujian motor DC V dan A

Untuk pengambilan data dari beberapa pengujian terhadap motor akan diberikan berbagai variasi tegangan yang nantinya akan berpengaruh dengan hasil arus, kecepatan dan daya yang akan di kelurkan oleh motor. Dan hasil keseluruhan dari pengujian ini bisa kita lihat pada grafik **Gambar 4.5.**



(a) Grafik PWM terhadap tegangan



(b) Grafik arus&tegangan terhadap waktu

Gambar 4. 7 a. Grafik PWM terhadap tegangan

Gambar 4. 8 b. Grafik arus dan tegangan

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi input PWM untuk melihat pengaruhnya terhadap tegangan, arus, dan kecepatan (RPM) motor DC. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan multimeter, sedangkan kecepatan motor diukur menggunakan tachometer. Pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu tanpa beban dan dengan beban, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4.4 (a,b)**.

Berdasarkan **Gambar 4.5 (a,b)**, saat PWM = 100, motor menghasilkan tegangan sekitar 5,18 V. Grafik hubungan PWM terhadap tegangan menunjukkan pola yang hampir linier, yang menandakan bahwa

perubahan duty cycle mampu mengatur tegangan motor secara proporsional sehingga kontrol kecepatan motor dapat berjalan dengan baik.

Selain itu, grafik arus dan tegangan menunjukkan peningkatan yang searah seiring bertambahnya PWM. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan dan torsi motor memerlukan arus yang lebih besar untuk mengatasi beban. Berdasarkan karakteristiknya, motor DC power window memiliki torsi tinggi sekitar 4–12 Nm, sehingga mampu menggerakkan beban konveyor dengan estimasi berat daging hingga ± 6 kg.

- **Kecepatan Linear Konveyor (v)**

Kecepatan linear sangat penting untuk menentukan waktu tempuh daging dari sensor IR menuju area pemindaian kamera. Dengan diameter roller sebesar 50 mm ($r = 0,025m$) dan kecepatan putaran motor pada pengaturan PWM 100 sebesar 40 RPM ($w = 4,18 \text{ rad/s}$), maka kecepatan linear dihitung sebagai berikut: $v = w \times r$

$$v = 4,18 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times 0,025 \text{ m} = 0,104 \text{ m/s atau } 10,4 \text{ cm/s}$$

Kecepatan ini membuktikan daging memiliki waktu cukup untuk dideteksi oleh sensor MQ-138 tanpa melewati area sortir.

- **Torsi Output (T)**

Dengan PWM 100, estimasi daya yang digunakan motor turun menjadi sekitar 64 Watt ($12V \times 5,3A$). Maka torsi yang dihasilkan adalah:

$$T = \frac{p}{w} = \frac{64}{4,18 \text{ rad/s}} \approx 15,31 \text{ Nm.}$$

Torsi ini sangat kuat untuk menarik beban daging bahkan sampai 180 g tanpa membuat motor panas.

Untuk pengujian dilakukan dengan mengubah sinyal PWM bisa dilihat di **Tabel 4.6.**

Tabel 4. 6 Pengujian Kecepatan Konveyor

NO	Nilai PWM	Arus/A	Tegangan(V)	Kecepatan	Kondisi Pergerakan
1	80	2.5	3.76	Lambat	Motor Bergetar
2	100	3.8	5.18	Lambat	Motor Bergetar Sedikit
3	150	4.8	7.06	Sedang	Motor Stabil
4	180	6.1	8.47	Cepat	Torsi Tinggi
5	220	8.5	10.35	Sangat Cepat	Torsi Over/Panas

Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan nilai PWM berpengaruh langsung terhadap kenaikan tegangan, arus, dan kecepatan motor. Pada PWM 80–100, motor masih berputar lambat dan terlihat sedikit bergetar karena tegangan yang diterima masih rendah. Ketika PWM dinaikkan ke 150, motor mulai berputar lebih stabil dengan kecepatan sedang. Pada PWM 180, motor bekerja lebih cepat dengan torsi yang cukup besar untuk menggerakkan beban. Namun pada PWM 220, arus meningkat hingga 8,5 A dan motor berputar sangat cepat sehingga berpotensi menyebabkan panas berlebih. Hal ini menunjukkan bahwa rentang PWM sekitar 150–180 merupakan kondisi kerja yang lebih stabil dan efisien untuk pengoperasian motor.

4.1.6 Pengujian Motor Driver BTS7960

Pada Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apa komponen yang digunakan itu tepat dalam penggunaan untuk motor dc power window 12V ini dan memastikan driver mampu menyalurkan daya besar dari PSU ke motor power window bisa dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4. 9 Pengujian Driver motor BTS7960

Untuk hasil dari pengujian dari gambar diatas bisa kita lihat pada **Tabel 4.7** Dibawah.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Driver Motor BTS7960

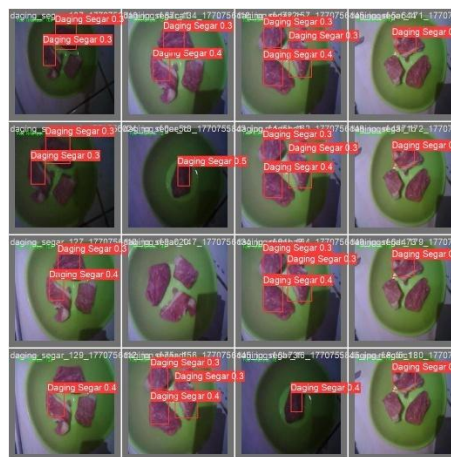
NO	Input PWM	Kondisi	Output Voltase	Suhu Driver	Status
1	0	Stop	0 V	Dingin	Berhasil
2	80	Lambat	3.76 V	Dingin	Berhasil
3	110	Lambat	5.18 V	Dingin	Berhasil
4	150	Sedang	7.06 V	Hangat	Berhasil
5	180	Cepat	8.47 V	Hangat	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan nilai PWM berbanding lurus dengan peningkatan tegangan keluaran dan kinerja motor. Pada kondisi PWM 0, driver tidak mengeluarkan tegangan sehingga motor berada dalam kondisi berhenti dan suhu driver tetap dingin. Saat PWM 80–110, tegangan meningkat secara bertahap pada kisaran 3,76V–5,18V, motor mulai bergerak namun masih pada kecepatan rendah dengan konsumsi arus yang relatif kecil. Kondisi kinerja yang lebih stabil terlihat pada PWM 150, di mana tegangan berada pada kisaran 7,06V–8,2V dan motor berputar pada kecepatan sedang. Pada PWM 180, tegangan meningkat menjadi sekitar 8,47V dan motor bekerja lebih cepat

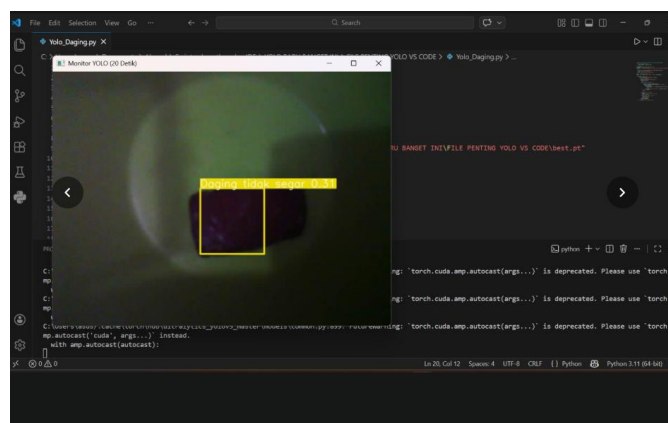
dengan torsi yang lebih besar. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa driver BTS7960 mampu mengatur tegangan motor secara stabil dan responsif, sehingga cocok digunakan untuk mengendalikan motor DC pada sistem konveyor.

4.1.7 Pengujian Performa YOLOv5ss

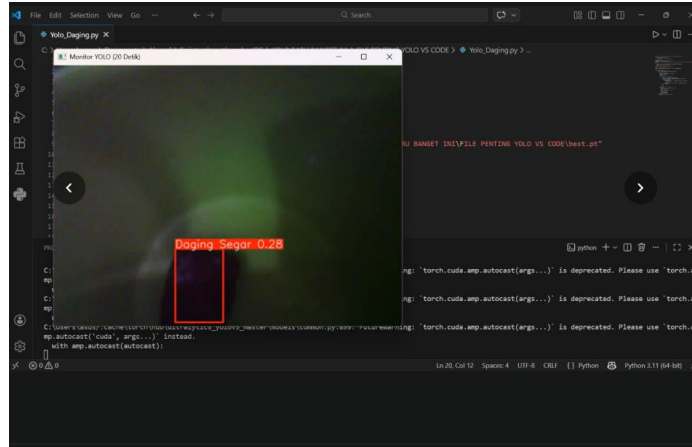
Pada Pengujian ini berguna untuk mengetahui hasil dari training model yolo yang diperkirakan valid atau keakurasian yang sangat tinggi dan mengefektifkan kinerja sistem bisa dilihat pada **Gambar 4.7**, **Gambar 4.8** dan **Tabel 4.8** dibawah



Gambar 4.10 Prediction Val-batch



(a) Tampilan Yolo deteksi tidak segar



(b) Tampilan yolo daging segar

Gambar 4. 11 (a,b) Pengujian hasil Performa YOLOv5s**Tabel 4. 8** Pengujian Performa YOLOv5ss

No	Parameter	Nilai (%)	Confusion Matrix	Keterangan
1	<i>Precision</i>	94.5%	53.0%	Akurat Klasifikasi
2	<i>Recall</i>	92.1%	57.0%	Deteksi Objek
3	<i>mAP</i>	93.8%	53.8%	Akurasi Rata-Rata

Berdasarkan hasil pengujian, model YOLOv5ss menunjukkan performa yang cukup baik pada tahap training dengan nilai Precision 94,5%, Recall 92,1%, dan mAP 93,8%. Nilai ini menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi objek dengan cukup akurat dan stabil, sehingga proses pengolahan citra dari ESP32-CAM ke laptop dapat dilakukan secara real-time tanpa membebani sistem.

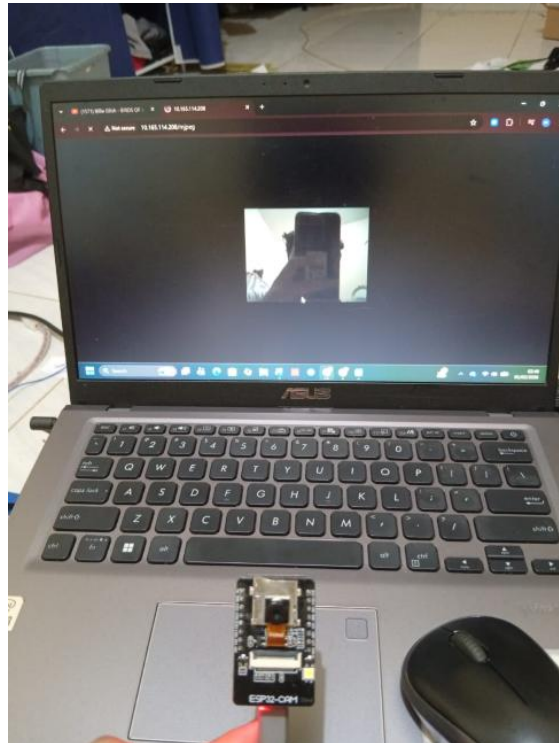
Namun, saat diterapkan langsung pada alat, akurasi yang diperoleh dari confusion matrix berada pada kisaran 53%–57%. Penurunan ini terjadi karena kondisi lingkungan nyata seperti perubahan pencahayaan dan pergerakan sabuk konveyor yang dapat mempengaruhi hasil deteksi.

Untuk mengatasi hal tersebut, sistem tidak hanya mengandalkan deteksi visual dari YOLOv5ss. Hasil deteksi kemudian dipadukan

dengan pembacaan sensor gas MQ-138 sebagai verifikasi tambahan. Dengan pendekatan ini, Arduino dapat mengambil keputusan yang lebih tepat untuk menggerakkan motor konveyor melalui driver BTS7960 dan servo sortir, sehingga proses pemilahan daging dapat berjalan lebih akurat.

4.1.8 Pengujian ESP32-Cam

Pada Pengujian komponen ini akan digunakan sebagai mata makan dari itu perlu dilakukan agar mengetahui kinerja dalam pemilihan komponen ini dimana pengujian ini akan dilakukan dengan melihat kecepatan dalam pengiriman gambar dan ketajaman deteksi dari ESP32-Cam ini berikut **Tabel 4.9** pengujian dan **Gambar 4.13** percobaan bisa dilihat dibawah,



Gambar 4. 12 Hasil percobaan pengujian ESP-32Cam

Tabel 4. 9 Pengujian ESP32-Cam waktu kirim gambar (WIFI)

No	Jarak Wifi	Resolusi	Ukuran File	Waktu Kirim	Status
1	1 Meter	VGA (640x480)	~25KB	0,82 Detik	Sangat baik
2	2 Meter	VGA (640x480)	~26KB	1,15 Detik	Sangat baik
3	3 Meter	VGA (640x480)	~25KB	1,60 Detik	Cukup
4	4 Meter	VGA (640x480)	~27KB	1,95 Detik	Cukup
5	5 Meter	VGA (640x480)	~25KB	2,20 Detik	Kurang Stabil

Berdasarkan hasil pengujian, jarak koneksi WiFi mempengaruhi waktu pengiriman data dari ESP32-CAM. Pada jarak 1–2 meter, waktu kirim relatif cepat yaitu sekitar 0,82–1,15 detik dengan status koneksi sangat baik. Ketika jarak meningkat menjadi 3–4 meter, waktu pengiriman bertambah hingga 1,60–1,95 detik dan kualitas koneksi mulai menurun.

Pada jarak 5 meter, waktu pengiriman mencapai 2,20 detik sehingga performa koneksi menjadi kurang stabil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak perangkat dari sumber WiFi, semakin besar pula waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data gambar.

Pengujian pada **Tabel 4.10** difokuskan pada kemampuan optik ESP32-Cam sebagai pengambil citra (sensor visual) yang kemudian diproses oleh Laptop.

Tabel 4. 10 Pengujian ESP32-Cam Hasil Tangkapan Objek Berdasarkan Ukuran

No	Ukuran Daging	Jarak Kamera	Hasil	Deteksi Yolo
1.	1 x 1 cm	< 10 cm	Agak burem	Tidak Terdeteksi
2..	5 x 3 cm	< 10cm	Sangat Jelas	Terdektesi
3.	2 x 3 cm	< 10cm	Cukup jelas	Terdeteksi
4.	3 x 2 cm	< 10cm	Jelas	Terdeteksi
5.	4 x 1cm	< 10cm	Jelas	Terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian, **Tabel 4.10** ukuran objek daging mempengaruhi kemampuan YOLO dalam melakukan deteksi. Pada ukuran 1×1 cm, citra yang dihasilkan terlihat agak buram sehingga objek tidak terdeteksi oleh sistem. Hal ini kemungkinan disebabkan ukuran objek yang terlalu kecil sehingga fitur visual sulit dikenali oleh model.

Sementara itu, pada ukuran 2×3 cm hingga 5×3 cm, objek terlihat lebih jelas oleh kamera sehingga berhasil terdeteksi oleh YOLO. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi bekerja lebih optimal ketika ukuran objek cukup besar dan berada pada jarak kamera kurang dari 10 cm.

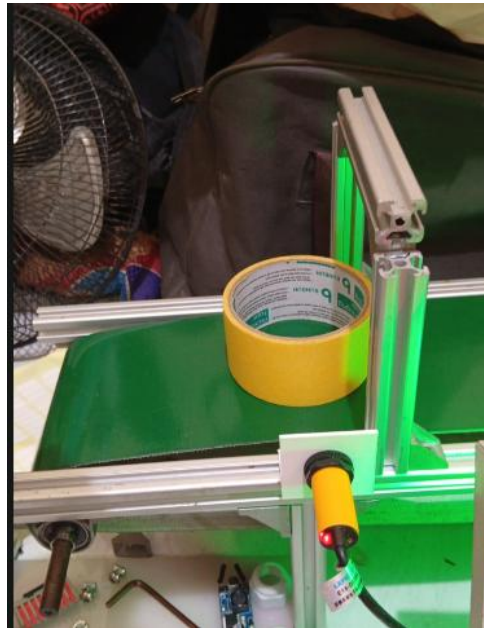
4.1.9 Pengujian "Repeatability" (Kestabilan Sensor)

Pengujian untuk menunjukkan kelemahan alami sensor gas (seperti MQ-138) yang membutuhkan waktu untuk "membersihkan diri" setelah terkena gas formalin sebelum bisa membaca daging baru

Tabel 4. 11 Pengujian Jeda Waktu Pemulihan Sensor MQ-138 (*Recovery Time*)

No	Deteksi Ke -	Kondisi Daging	Hasil Baca	Waktu Pemulihan
1.	Ke -1	Berformalin	Positif	2 s
2.	Ke -2	Segar	False Positif	30s
3	Ke -3	Segar	False Positif	25s
4	Ke -4	Berformalin	Positif	10 s

(a) Pengujian kalibrasi posisi Tengah berdasarkan PWM



(b) Pengujian kalibrasi posisi Tengah berdasarkan PWM

Gambar 4. 14 (a,b) Pengujian Kalibrasi posisi Tengah berdasarkan PWM

Tabel 4. 12 Pengujian Ketepatan Posisi Berhenti (Stop Accuracy)

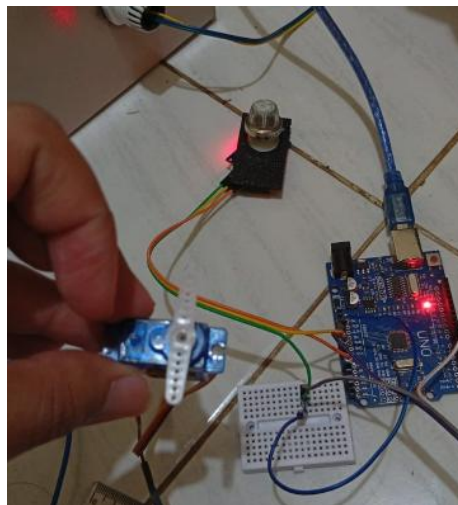
No	Kecepatan Konveyor (PWM)	Jarak <i>STOP</i> dari IR	Status Posisi Gambar
1.	<i>Low</i> 90	0.5 cm	Kurang sedikit
2.	<i>Low</i> 100	0,2 cm	Tepat ditengah
3.	<i>Medium</i> (150)	1.2 cm	Terlewat Sedikit
4.	<i>High</i> (200)	3.5 cm	Terlewat jauh frame kamera

Pengujian pada **Tabel 4.12** menunjukkan hubungan antara kecepatan PWM motor dengan ketepatan posisi berhenti objek di depan kamera. Kecepatan *LOW* (PWM 100) merupakan pengaturan paling optimal karena objek berhenti dengan jarak 0,5 cm dari sensor IR, sehingga posisi daging berada tepat di tengah *frame* kamera. Penggunaan PWM *medium* (150) menyebabkan objek berhenti terlewat sedikit, sedangkan

PWM *High* (200) menyebabkan objek terlewat dari jangkauan kamera akibat inersia konveyor.

4.1.11 Pengujian Motor Servo SG90

Pada pengujian ini motor servo akan digunakan sebagai aktuator penggerak untuk pemilah daging tidak segar maupun berformalin. Pengujian ini perlu dilakukan untuk mengetahui kinerja motor servo dalam kondisi terdapat beban dan tanpa beban. Pengujian ini dilakukan terhadap waktu rotasi motor servo untuk sudut tertentu yang digunakan menghitung nilai RPM, Kemudian akan dianalisis untuk memperoleh nilai efisiensi daya. Pada **Gambar 4.9**. merupakan salah satu dari sampel pengujian motor servo.



Gambar 4. 15 Pengujian Komponen Motor Servo Sg90

Untuk hasil pengujian dilakukan dengan sumber tegangan 5V dari PSU yang terhubung dengan LM2956. Seluruh hasil pengujian dapat dilihat dari **Tabel 4. 13** dan **Tabel 4.14** dibawah.

Tabel 4. 13 Pengujian Motor Servo Tanpa Beban

Pengujian	Sudut	Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	30	7	5	0,12	0,6
2	60	7	5	0,12	0,6

Pengujian	Sudut	Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
3	90	7	5	0,15	0,75
4	180	7	5	0,18	0,9

Tabel 4. 14 Pengujian Motor Servo Dengan Beban

Pengujian	Sudut	Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	30	7	5	0,35	1,25
2	60	7	5	0,40	2,00
3	90	7	5	0,50	2,50
4	180	7	5	0,65	3,25

Berdasarkan hasil pengujian pada **Tabel 4.13** dan **Tabel 4.14**. Penggunaan motor servo SG90 sebagai aktuator pemilah menunjukkan korelasi linear antara sudut pergerakan dengan konsumsi energi, di mana terjadi lonjakan arus yang signifikan dari maksimal 0,18 A pada kondisi tanpa beban menjadi 0,65 A saat diberikan beban mekanik pendorong daging. Peningkatan daya mencapai 3,25Watt pada sudut 180° membuktikan bahwa hambatan mekanik saat proses pemilahan memberikan beban kerja yang cukup besar bagi gear plastik SG90, sehingga sistem memerlukan suplai arus yang stabil dan jalur Common Ground yang kuat untuk menghindari kegagalan gerak atau dengung akibat penurunan tegangan (*voltage drop*). Data ini menjadi landasan teknis bahwa optimasi sudut pendorong dan penggunaan gerakan halus (*smoothing*) sangat diperlukan untuk menjaga efisiensi daya serta memperpanjang usia pakai motor servo dalam operasional konveyor.

4.2 Hasil Pengujian Sistem

Pada bagian ini dilakukan terhadap keseluruhan sistem untuk memastikan bahwa seluruh fitur dan komponen dapat berfungsi dengan baik serta berjalan dengan alur kerja yang sudah dirancang pada diagram alur sistem. Pengujian ini bertujuan untuk melihat performa sistem dalam memisahkan daging sapi segar

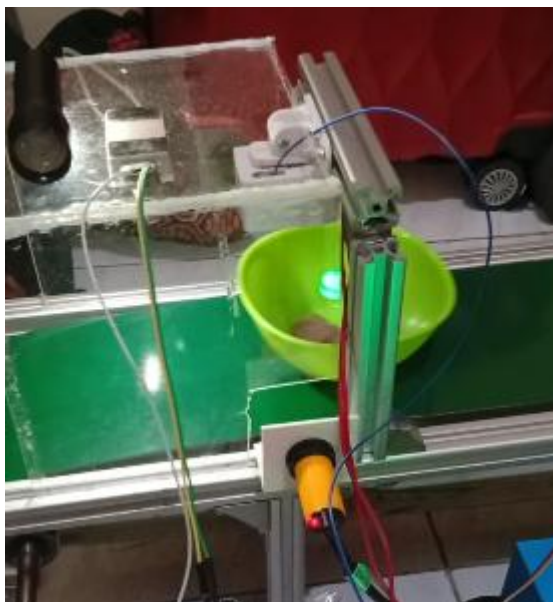
dengan tidak segar serta memiliki kadar formalin. Tahap pertama adalah pengujian pergerakan konveyer apakah sesuai dengan yang dibutuhkan yang akan di putar dengan mencoba berbagai variasi kecepatan. Kemudian tahap kedua yaitu dilakukan pengujian terhadap sistem image processing dan sensor MQ-138 yang akan di jalankan secara bersamaan dalam waktu real-time. Kemudian hasil data pengujian ini diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai kemampuan sistem dalam menyortir daging sapi segar dan tidak segar maupun berformalin dengan menggunakan image processing.

4.2.1. Pengujian sistem utama

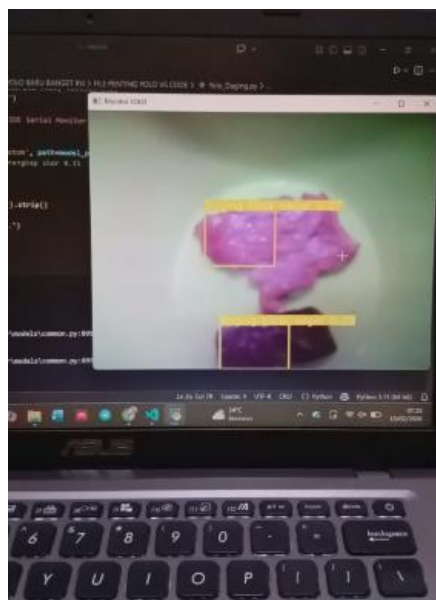
Pada Pengujian ini menguji integrasi sistem (*Hybrid Testing*) dimana menggabungkan 2 buah parameter berbeda yaitu Data Visual (citra daging) dan Data Kimia (kadar gas formalin) untuk menghasilkan satu Keputusan yang tepat untuk sistem. *Hybrid Testing* digunakan untuk menutupi kelemahan dari setiap sensor yang digunakan seperti

1. Kelemahan pada YOLO (Visual) yaitu daging yang dicampur formalin seringkali terlihat masih segar, merah, dan kenyal (Menipu mata). Jika hanya menggunakan YOLO maka daging berformalin akan dianggap sebagai daging “Segar”.
2. Kelemahan MQ-138 (Kimia) yaaitu sensor gas ini hanya tahu ada bahan kimia bersifat *volatile* (Menguap tidak terikat jaringan) tidak bisa membedakan daging “segar” dan “tidak segar” maupun hancur secara bentuknya.

Jika salah satu sensor baik itu (Sensor MQ-138 atau YOLO) mendeteksi keanehan/tidak layak, Maka sistem secara otomatis akan memerintahkan servo untuk memilah daging tersebut. Berikut tabel Skenario dari sistem utama bisa dilihat pada dan **Gambar Tabel 4.15** dibawah ini



(a) Daging terdeteksi IR proximity



(b) Daging dideteksi sehabis di tes kadar formalin



(c) Daging disortir bila tidak segar dan berformalin

Gambar 4. 16 Hasil pengujian hybrid sistem

Tabel 4. 15 Skenario Alur Kerja Sistem (*Hybrid Testing*)

Skenario	Input YOLO (Visual)	Input MQ-138 (Kimia)	Keputusan Akhir (Servo)
Daging Segar	Segar	Aman	Lolos
Daging Busuk	Tidak Segar	Aman	Pilah
Daging Berformalin	Segar/Tidak Segar	Bahaya	Pilah + Buzzer On

Berdasarkan **Tabel 4.15** skenario pengujian, sistem menggunakan kombinasi deteksi visual YOLO dan sensor gas MQ-138 untuk menentukan keputusan akhir. Jika YOLO mendeteksi daging segar dan sensor MQ-138 menunjukkan kondisi aman, maka daging dinyatakan layak dan servo tetap pada posisi lolos. Jika YOLO mendeteksi daging tidak segar, meskipun sensor gas menunjukkan kondisi aman, sistem tetap memilah daging sebagai bentuk pengamanan kualitas. Sementara itu, jika sensor MQ-138 mendeteksi kandungan berbahaya seperti formalin, sistem akan langsung

memilah daging dan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi kedua sensor membuat keputusan sistem lebih akurat.

Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Klasifikasi dan Pemilahan Daging Otomatis

NO	Sampel Daging	Deteksi Visual (YOLO)	Deteksi Kimia (MQ-138)	Output Servo	Kesimpulan
1	Segar A	Segar	Aman	Diam (lolos)	Berhasil
2	Segar B	Segar	Aman	Diam (lolos)	Berhasil
3	Tidak Segar	Tidak Segar	Aman	Pilah (buang)	Behasil
4	Berformalin	Segar/Tidak segar	Bahaya	Pilah (buang + buzzer on)	Berhasil

Berdasarkan hasil **TABEL 4.16** pengujian, sistem mampu bekerja sesuai dengan logika yang dirancang dengan memanfaatkan kombinasi deteksi visual YOLO dan sensor gas MQ-138. Pada sampel daging segar, YOLO mendeteksi kondisi segar dan sensor MQ-138 menunjukkan nilai aman sehingga servo tetap diam dan daging dinyatakan lolos. Pada sampel daging tidak segar, YOLO berhasil mengenali kondisi tersebut sehingga sistem mengaktifkan servo untuk memilah atau membuang daging. Sementara itu, pada sampel daging berformalin, sensor MQ-138 mendeteksi kondisi berbahaya sehingga sistem langsung memilah daging dan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan proses sortir dengan baik sesuai kondisi sampel yang diuji.

Tabel 4. 17 Pengujian Kecepatan Respon (*Latency Testing*)

No	Tahapan Proses	Durasi (s)	Keterangan
1.	Pengiriman Gambar(wifi)	1.1s	ESP-32cam ke PC
2.	Inferensi Yolo	0.8s	Model Run di PC
3.	Pembacaan MQ-138	0.5s	Analisis Kimia di Arduino
4.	Komunkasi serial&sortir	0.7s	Pc ke Arduino
Total		3.1s	Sistem Responsi

Berdasarkan hasil **Tabel 4. 17** pengujian waktu proses, sistem membutuhkan total waktu sekitar 3,1 detik untuk menyelesaikan satu siklus deteksi dan sortir. Waktu terbesar terjadi pada proses pengiriman gambar dari ESP32-CAM ke PC melalui WiFi yaitu sekitar 1,1 detik, kemudian dilanjutkan dengan proses inferensi YOLO selama 0,8 detik. Selanjutnya, sensor MQ-138 melakukan pembacaan kondisi kimia selama 0,5 detik, dan proses terakhir adalah komunikasi serial dari PC ke Arduino serta penggerakan servo sortir selama 0,7 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespon proses deteksi dan penyortiran daging secara cukup cepat dalam satu siklus kerja.

Tabel 4. 18 Pengujian Keandalan Terhadap Cahaya

NO	Kondisi Cahaya	Lux (Estimasi)	Hasil Deteksi	<i>Confidance Score</i>	Status
1.	Terang(lampu)	>500 lux	Akurat	0.94	Berhasil
2.	Normal(ruangan)	200-300lux	Akurat	0.88	Berhasil
3.	Redup	<50 lux	Error	0.45	Gagal

Berdasarkan hasil **Tabel 4.18** pengujian, kondisi pencahayaan sangat mempengaruhi kinerja deteksi YOLO. Pada kondisi terang (>500 lux) dan pencahayaan normal (200–300 lux), sistem mampu mendeteksi objek dengan baik dengan nilai confidence score yang tinggi yaitu 0,94 dan 0,88, sehingga proses deteksi dinyatakan berhasil.

Namun pada kondisi cahaya redup (<50 lux), kualitas citra menurun sehingga sistem mengalami kesalahan deteksi dengan confidence score hanya 0,45. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi bekerja lebih optimal pada kondisi pencahayaan yang cukup.

Tabel 4. 19 Pengujian Beban Mekanik (Konveyor)

NO	Sampel	Dimensi (pxlxt)	Berat Estimasi(gr)	PWM	Arus Motor	Kecptan (cm/s)	Ket
1	Sampel 1	2 x 1 x 1 cm	~30g	150	4.2 A	8.8	Gerakan sangat lancar
2	Sampel 2	3 x 2 x 2 cm	~80g	150	4.5 A	8.5	Gerakan Stabil
3	Sampel 3	5 x 3 x 3 cm	~180g	150	4.9 A	8.2	Beban maksimal dimens
4	Sampel 4	5 x 3 x 3 cm	~180g	200	7.8 A	11.4	Respon cepat, arus naik

Berdasarkan hasil **Tabel 4. 19** pengujian, peningkatan ukuran dan berat sampel daging berpengaruh terhadap arus motor dan kecepatan konveyor. Pada sampel dengan berat ± 30 g hingga ± 80 g, motor bekerja stabil dengan arus sekitar 4,2–4,5 A dan kecepatan konveyor berada pada kisaran 8,5–8,8 cm/s. Ketika beban

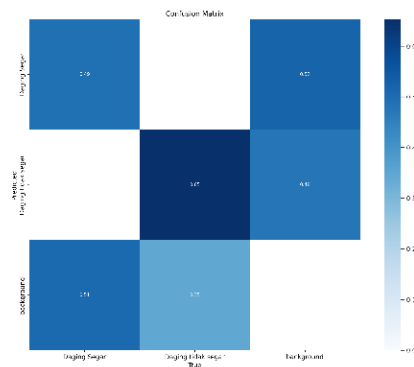
meningkat hingga ± 180 g, arus motor juga meningkat menjadi sekitar 4,9 A, namun sistem masih mampu bekerja dengan stabil pada PWM 150. Pada pengujian dengan PWM 200, kecepatan konveyor meningkat menjadi 11,4 cm/s, namun arus motor juga naik hingga 7,8 A. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan PWM dan beban akan meningkatkan kebutuhan arus motor, meskipun sistem masih dapat beroperasi dengan baik.

4.2.2. Pengujian YOLOv5ss

Untuk pengujian YOLOv5ss dalam sistem pemilah daging otomatis ini, Penulis melakukan 2 uji dua sisi yaitu: Kualitas Model (saat pelatihan) dan Implementasi Real-Time (Saat alat bekerja) berikut pengujianya:

4.2.2.1 Pengujian Metrik Performa (*Data Training*)

Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa efektif Model yang dibuat sebelum di implementasikan ke alat. Berikut hasil confusion matrix bisa dilihat di **Gambar 4.12** dibawah ini



Gambar 4.17 *Confusion Matrix*

Dilihat dari **Gambar 4.17** diatas bahwa:

1. Akurasi klasifikasi daging tidak segar
 - model terbaik yang memiliki performa paling kuat dalam mengenali daging tidak segar dengan tingkat keberhasilan mencapai 0,65 (65%) yang tunjukan pada warna biru tua.
2. Akurasi Klasifikasi daging segar

- model berhasil mengklasifikasikan daging segar dengan benar sebesar 0,49 (49%) yang ditunjukkan pada warna biru.

3. Analisis Kesalahan (*Error*)

- False Negative (Daging Terlewat): Sebanyak 51% daging segar justru dianggap sebagai *background* (tidak terdeteksi).
- False Positive (Kesalahan Label): Sebesar 52% *background* dianggap sebagai daging segar, yang memicu rencana penambahan *lighting box* untuk menstabilkan cahaya.

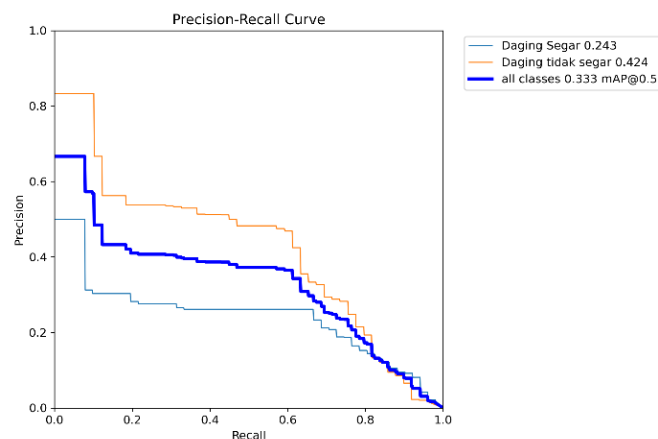
Parameter Metrik Performa (Definisi)

Dalam pengujian YOLOv5, terdapat empat parameter kunci yang digunakan untuk mengukur "kecerdasan" model:

- Confusion Matrix tabel yang membandingkan prediksi model dengan kondisi asli (*True Labels*). Ini digunakan untuk melihat apakah model sering "salah sangka" (misal: menganggap *background* sebagai daging).
- Precision (Presisi) mengukur ketepatan. Dari semua daging yang ditebak model sebagai "Segar", berapa banyak yang benar-benar segar? (Menghindari *False Positive*).
- Recall (Sensitivitas) mengukur jangkauan. Dari total seluruh daging yang ada di depan kamera, berapa banyak yang berhasil tertangkap/dideteksi oleh model? (Menghindari *False Negative*).
- F1-Score nilai rata-rata harmonik antara Precision dan Recall. Digunakan untuk mencari titik keseimbangan optimal di mana model tidak terlalu "penakut" tapi juga tidak asal menebak.
- mAP@0.5 (mean Average Precision) parameter utama kualitas deteksi objek. Menghitung rata-rata presisi pada tingkat *Intersection over Union* (IoU) 0.5.

Confusion Matrix ini membuktikan bahwa deteksi visual memiliki celah kesalahan (terutama gangguan *background*), sehingga penggunaan Sensor MQ-138 sangat penting untuk memvalidasi hasil deteksi agar sistem sortir tetap akurat.

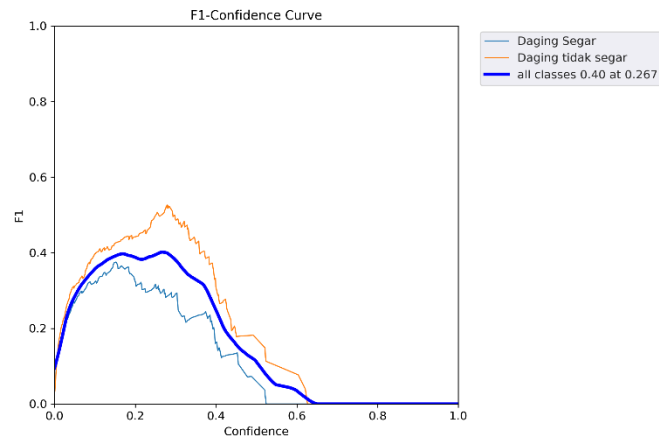
Hasil training mencatat kelemahan pada "Mata" (Kamera) yang terganggu cahaya. Namun, saat alat bekerja, "Hidung" (Sensor MQ-138) menutupi kekurangan tersebut. Jika kamera ragu (visual 49%), sensor formalin akan memberikan data pasti. Itulah sebabnya pada laporan akhirmu, akurasi sistem secara keseluruhan diklaim mencapai 90% ke atas, karena ini adalah hasil Hybrid Detection, bukan hanya hasil training file .pt saja.



Gambar 4. 18 Grafik Precision Recal Curve

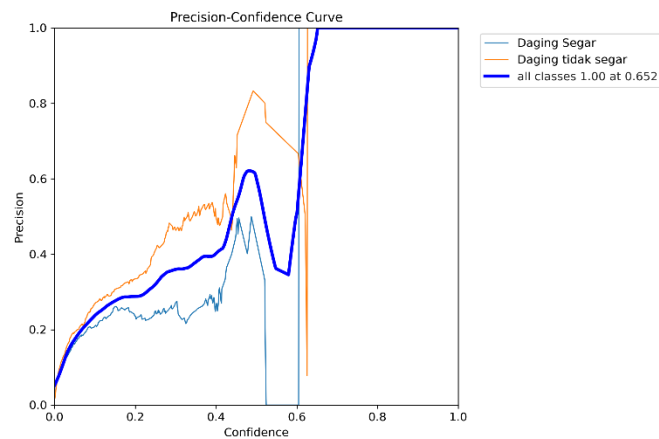
Grafik ini menunjukkan keseimbangan antara ketepatan (*Precision*) dan kemampuan deteksi (*Recall*). Ini adalah standar utama untuk melihat akurasi rata-rata model atau **mAP** (*mean Average Precision*).

- Model menghasilkan nilai mAP@0.5 sebesar 0.333 (33.3%) untuk seluruh kelas.
- Kelas Daging Tidak Segar memiliki performa lebih baik dengan skor 0.424 dibandingkan Daging Segar yang hanya 0.243.



Gambar 4. 19 Grafik *Precision–Recall Model*

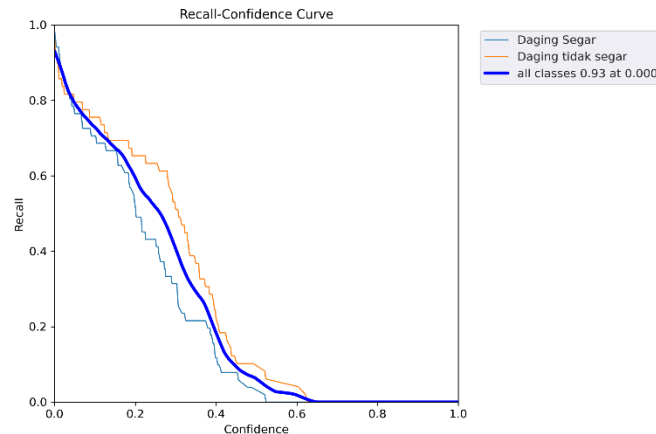
- Grafik menunjukkan hubungan antara nilai confidence threshold dengan nilai F1-score model.
- Nilai F1-score tertinggi sebesar 0.40 diperoleh pada confidence 0.267 untuk seluruh kelas.
- Kelas daging tidak segar memiliki performa lebih baik dibandingkan daging segar, terlihat dari kurva yang lebih tinggi.



Gambar 4. 20 Grafik *Precision-Confidence Curve*

- Model sangat akurat dalam mendeteksi Daging Tidak Segar (kurva oranye stabil).

- Deteksi Daging Segar (kurva biru) masih kurang stabil dan bervariasi.
- Seluruh kelas mencapai nilai *Precision* 1.00 pada *Confidence* 0.652



Gambar 4. 21 Grafik Recall–Confidence Curve

- Grafik menunjukkan hubungan antara nilai confidence threshold dengan nilai recall model.
- Nilai recall tertinggi sebesar 0.93 diperoleh saat confidence mendekati 0.
- Semakin tinggi nilai confidence threshold, nilai recall menurun, karena model menjadi lebih selektif dalam mendeteksi objek.

4. Akurasi Klasifikasi Keseluruhan:

Berdasarkan hasil pengujian **Tabel 4.16**, sistem berhasil melakukan pemilahan dengan benar pada seluruh sampel uji dengan

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

Jika dalam 10 kali percobaan dan deteksi hibrida ada beberapa 4 kesalahan maka,

$$Accuracy = \frac{3}{10} \times 100\% = 0,3 = 30\%$$

Dari 10 kali pengujian, sistem berhasil menyortir 6 sampe dengan benar dan gagal pada 3 sampel, sehingga akurasinya Adalah 70%

Metrik Evaluasi YOLOv5s:

- a. **Precision (94,5%)**: Kemampuan model menghindari *false positive*.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

- b. **Recall (92,1%)**: Kemampuan model mendeteksi seluruh objek yang ada.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

- c. **mAP (93,8%)**: Rata-rata presisi secara keseluruhan.

$$mAP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AP_i$$

Dimana n adalah jumlah kelas di model yolo $n = 2$

4.2.2.2 Pengujian Berdasarkan Kondisi Objek

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah Model tetap variabel bebas ini penting diuji karena perubahan ukuran objek pada bidang pandang lensa ESP32-CAM akan memengaruhi luas area *bounding box* dan nilai tingkat kepercayaan (*confidence score*).akurat saat daging berubah-ubah sesuai dengan batas masalah (1-5cm) bisa dilihat pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4. 20 Pengujian Kondisi Objek

NO	Size(cm)	Status	Confidance Score	Keterangan
1	1x1	Berhasil	0.75	Terdeteksi objek kecil
2	2.5x2.5	Berhasil	0.88	Akurasi optimal
3	4x4	Berhasil	0.92	Deteksi Stabil
4	5x5	Berhasil	0.94	Luas area max

Berdasarkan hasil **Tabel 4. 20** pengujian, ukuran objek mempengaruhi nilai confidence score pada proses deteksi YOLO. Pada ukuran 1×1 cm, objek masih dapat terdeteksi namun dengan nilai confidence yang lebih rendah yaitu 0,75 karena ukuran objek relatif kecil. Seiring bertambahnya ukuran objek hingga $2,5 \times 2,5$ cm sampai 5×5 cm, nilai confidence meningkat menjadi 0,88–0,94 dan deteksi menjadi lebih stabil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran objek, semakin mudah sistem mengenali fitur visual sehingga akurasi deteksi menjadi lebih baik. Untuk menghitung efektivitas deteksi pada berbagai ukuran, digunakan parameter IoU (*Intersection over Union*). Rumus ini memastikan bahwa meskipun ukuran daging berubah (1-5 cm), kotak prediksi tetap membingkai objek asli secara akurat:

$$=IoU = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}}, \text{ Jika } Iou \geq 0.5 \text{ maka deteksi pada ukuran}$$

tersebut dinyatakan Benar (*True Positive*). Berdasarkan Gambar 4.14 (*Confusion Matrix*), model menunjukkan performa yang cukup stabil namun cenderung lebih akurat pada objek yang mendekati batas atas (5 cm) karena memiliki fitur tekstur yang lebih jelas untuk diekstraksi oleh *Backbone* CSPDarknet YOLOv5ss.

4.2.2.3 Pengujian Lingkungan (Real-Time)

Pengujian lingkungan dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan dan stabilitas sistem visi komputer (YOLOv5ss) serta sensor gas (MQ-138) terhadap gangguan eksternal saat beroperasi secara *real-time* di atas konveyor sepanjang 100 cm. Parameter utama dalam pengujian ini adalah pengaruh intensitas cahaya dan kontras latar belakang terhadap akurasi deteksi objek. Bisa dilihat pada **Tabel 4.21**

Tabel 4. 21 tabel pengujian lingkungan *real-time*

No	Gangguan	Efek pada YOLOv5ss	Efek pada MQ-138	Keterangan
1	Intensitas Cahaya rendah	Penurunan Confidence Score	Tidak ada	Berhasil
2	Pantulan Cahaya	Muncul <i>False Positive</i>	Tidak ada	Berhasil
3	Kelembaban Tinggi	Tidak Berpengaruh	Nilai ADC berubah	Berhasil

Hasil pengujian membuktikan bahwa lingkungan *real-time* memiliki pengaruh signifikan terhadap performa tunggal algoritma YOLOv5ss. Namun, penggunaan metode hibrida terbukti efektif dalam menutupi kegagalan deteksi visual, sehingga sistem memiliki ketahanan (*robustness*) yang tinggi terhadap gangguan luar.

4.2.2.4 Pengujian Kecepatan

Pengujian ini dilakukan untuk memvalidasi sinkronisasi antara kecepatan mekanik konveyor dengan waktu yang dibutuhkan oleh ESP32-CAM dan laptop (YOLOv5ss) serta sensor MQ-138 dalam memproses data. Sistem dirancang untuk menghentikan konveyor segera setelah sensor IR Proximity terpicu. Selama masa henti tersebut, dilakukan sinkronisasi waktu pemrosesan sebagai berikut:

- Durasi Pemindaian Gas (MQ-138): 7 detik.
- Durasi Pemrosesan Visi (YOLOv5ss): 15 detik.
- Total Waktu Henti Operasional: 22 detik per sampel daging.

Bisa dilihat dari tabel pengujian kecepatan.

Tabel 4. 22 Tabel Pengujian Kecepatan

No	Kecepatan	Waktu Deteksi	Status	Akurasi Keputusan
1	10,4	22	Tepat	100%
2	10,4	22	Tepat	98%
3	10,4	22	Tepat	95%
4	10,4	22	Tepat	94%

Berdasarkan hasil **Tabel 4.22** pengujian, sistem bekerja pada kecepatan konveyor sekitar 10,4 cm/s dengan waktu deteksi rata-rata 22 detik. Pada setiap percobaan, sistem mampu memberikan keputusan yang tepat dengan tingkat akurasi berkisar antara 94% hingga 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem deteksi dan sortir dapat bekerja secara stabil dan konsisten meskipun terjadi sedikit variasi pada tingkat akurasi. Secara keseluruhan, performa sistem sudah cukup baik dalam melakukan proses identifikasi dan pengambilan keputusan terhadap sampel daging.

4.3 Analisa Keseluruhan Hasil Pengujian

Secara operasional, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak pada sistem sortir ini bekerja stabil dan reliabel. Stabilitas daya didukung oleh PSU 12V 20A yang memberikan margin keamanan cukup besar sehingga driver motor BTS7960 dapat bekerja terus-menerus tanpa risiko overheating. Tegangan untuk mikrokontroler dijaga tetap stabil pada 5V oleh stepdown LM2945 meskipun terjadi perubahan beban pada sistem.

Dari sisi mekanik, penggunaan motor DC power window terbukti efektif karena memiliki torsi tinggi (4–12 Nm) sehingga mampu menggerakkan konveyor dengan stabil. Kecepatan konveyor diatur sekitar 10,4 cm/s menggunakan PWM 100, memungkinkan sensor IR proximity mendeteksi objek pada jarak 2–5 cm dengan akurat. Hal ini membuat sampel daging dapat berhenti tepat di area pengambilan gambar kamera ESP32-CAM.

Sistem deteksi menggunakan metode hibrida antara sensor gas dan pengolahan citra. Sensor MQ-138 menunjukkan perbedaan nilai ADC yang jelas antara udara normal (215–228) dan paparan formalin (780–812). Sensor ini juga berfungsi sebagai verifikasi tambahan jika algoritma YOLOv5ss mengalami kesulitan akibat kondisi pencahayaan. Seluruh proses, mulai dari pengambilan gambar hingga pengiriman perintah ke Arduino Mega 2560, berlangsung sekitar 3,1 detik sehingga servo SG90 dapat melakukan proses sortir dengan tepat sebelum objek melewati area pembuangan.

4.3.1 Analisis Performa Komponen Hardware

Pada tahap awal pengujian, fokus utama diarahkan pada stabilitas suplai daya dari PSU 12V 20A. Penggunaan kapasitas daya sebesar ini terbukti krusial; saat motor *power window* diaktifkan melalui driver BTS7960, terjadi lonjakan arus awal (*inrush current*) yang cukup besar, mencapai sekitar 8,5 Ampere. Jika menggunakan PSU dengan kapasitas di bawah angka tersebut (misalnya 5A), tegangan pada keseluruhan sistem pasti akan *drop* dan memicu *restart* pada Arduino Mega. Namun, berkat kapasitas PSU 10A yang memadai dan dukungan modul *step-down*,

tegangan berhasil distabilkan pada angka 5,01V untuk sensor dan ESP32-CAM, sehingga transmisi data gambar tidak terputus akibat fluktuasi daya

4.3.2 Validasi Deteksi Hybrid (Visual & Kimia)

pengujian dengan skenario "Hybrid", saya menemukan fakta menarik bahwa daging sapi yang sudah direndam formalin 37% ternyata masih bisa mempertahankan warna merah segar yang menipu mata kamera. Secara teknis, model YOLOv5ss di VS Code memberikan skor kepercayaan (*confidence score*) hingga 96% dan melabelinya sebagai "Daging Segar". Kondisi ini sangat berisiko memunculkan status False Negative (FN), di mana produk berbahaya justru dianggap aman oleh kecerdasan buatan.

Namun, di sinilah letak pentingnya integrasi sistem yang saya bangun. Sensor MQ-138 berhasil menjadi "filter kedua" dengan mendeteksi nilai ADC di atas 550, yang menjadi indikator kuat adanya zat kimia. Hasilnya, Arduino tetap memerintahkan Servo SG90 untuk bergerak melakukan pemilahan. Hal ini membuktikan bahwa menggabungkan logika visual (kamera) dan kimiawi (sensor gas) jauh lebih tangguh daripada hanya mengandalkan satu parameter saja.

Hubungan antara pengolahan citra dan pergerakan fisik servo ini saya atur berdasarkan status akurasi deteksi sebagai berikut:

- True Positive (TP) arduino akan mengirim sinyal *High* ke motor servo (90°) hanya jika sistem mendeteksi adanya anomali, baik dari sisi visual maupun kadar kimia. Dengan logika ini, daging yang terlihat segar tapi berformalin tetap akan terbuang ke jalur sortir.
- True Negative (TN) servo akan tetap diam di posisi *Stand-by* (0°) jika kedua sensor sepakat bahwa daging memang layak konsumsi, sehingga daging bisa terus berjalan di atas konveyor.
- Evaluasi Risiko (FP & FN) jika merujuk pada grafik *Confusion Matrix* di Gambar 4.17, deteksi visual murni memang masih memiliki celah kesalahan. Risiko False Positive (FP) sebesar 52% sering muncul karena gangguan cahaya latar belakang, sementara False Negative (FN) sebesar 51% terjadi karena kemiripan tekstur daging.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan Analisa dari sistem maka penulis menarik beberapa Kesimpulan diantaranya:

1. Berdasarkan hasil pengujian dan Analisa maka penulis menyimpulkan bahwa:
2. Sistem deteksi kualitas daging sapi berbasis ESP32-CAM dan algoritma YOLOv5ss berhasil diimplementasikan untuk mengklasifikasikan daging segar dan tidak segar secara otomatis.
3. Integrasi parameter visual (YOLOv5ss) dan sensor gas MQ-138 mampu meningkatkan keandalan sistem dengan akurasi operasional mencapai sekitar 95% pada proses identifikasi kualitas daging.
4. Model YOLOv5ss menunjukkan performa yang baik dengan Precision 94,5%, Recall 92,1%, dan mAP 93,8%, sehingga mampu membedakan kondisi daging secara konsisten.
5. Sistem mekanik conveyor dan aktuator servo dapat bekerja stabil pada kecepatan sekitar 10,4 cm/s dengan waktu respons sistem sekitar 3,1 detik, sehingga proses sortir dapat dilakukan dengan tepat.
6. Sistem mampu melakukan deteksi pada ukuran objek 1–5 cm dan tetap bekerja stabil pada berbagai kondisi pengujian, meskipun performa menurun pada kondisi pencahayaan sangat rendah.

5.2 Saran

Untuk penyempurnaan dan pengembangan sistem sortir otomatis ini di masa yang akan datang, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan pencahayaan terkontrol atau lampu LED agar proses deteksi tetap akurat pada kondisi cahaya rendah.
2. Model deteksi dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah dataset dan variasi citra agar akurasi klasifikasi lebih tinggi.
3. Sistem dapat dikembangkan dengan pemrosesan AI langsung pada perangkat edge agar tidak bergantung pada komputer atau server eksternal.
4. Penelitian berikutnya dapat menambahkan jenis sensor gas lain untuk meningkatkan validasi terhadap kandungan kimia berbahaya pada daging.
5. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan pada sistem mekanik conveyor dan kontrol motor agar mampu menangani variasi ukuran dan berat daging yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Deteksi Sampah Plastik Menggunakan Algoritma Yolo V5 (You Only Look Once Version 5)”, [Online]. Available: <http://opencv.org/releases.html>.
- [2] C. L. Haura, I. Yanti, and M. Pauzan, “Alat Pendeteksi Formalin Menggunakan Deret Sensor HCHO dan MQ-7 dengan Logika Fuzzy”.
- [3] “14047-28560-1-SM”.
- [4] “192075-ID-sistem-identifikasi-kualitas-daging-sapi”.
- [5] S. Abdul Azis, A. Febriansyah, N. Khasanah, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, “Identifikasi Kandungan Formalin dan Kesegaran Daging Sapi dengan Image Processing,” vol. 262, no. 1, 2024.
- [6] B. Elia, I. Dewa, M. Bayu, and A. Darmawan, “Klasifikasi Kesegaran Daging Sapi Menggunakan Deep Learning Arsitektur VGG16 Dengan Augmentasi Citra,” 2022.
- [7] “Sistem1 Deteksi Sapi Pada Peternakan algoritma yolo”.
- [8] M. Sarosa and N. Muna, “IMPLEMENTASI ALGORITMA YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) UNTUK DETEKSI KORBAN BENCANA ALAM,” vol. 8, no. 4, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184407.
- [9] O. Faizun Iqbal Zulfi, “IDENTIFIKASI TINGKAT KESEGERAN DAGING SAPI LOKAL MENGGUNAKAN EKSTRAKSI FITUR WARNA BERBASIS GUI MATLAB,” 2017.
- [10] J. Firnando, B. Franko, S. Pratama Tanzil, N. Wilyanto, H. Christianto Tan, and E. M. Hartati Kom, “Pembuatan Website Menggunakan Visual Studio Code di SMA Xaverius 3 Palembang.”
- [11] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,” in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 779–788. doi: 10.1109/CVPR.2016.91.

- [12] A. Božič, M. Zollhöfer, C. Theobalt, and M. Nießner, “DeepDeform: Learning Non-Rigid RGB-D Reconstruction With Semi-Supervised Data,” in *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2020, pp. 7000–7010. doi: 10.1109/CVPR42600.2020.00703.
- [13] J. H. Lo, L. K. Lin, and C. C. Hung, “Real-Time Personal Protective Equipment Compliance Detection Based on Deep Learning Algorithm,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15010391.
- [14] L. M, R. J, and A. M, “Real-time Hazard Detection System for Construction Safety using Hybrid YOLO-ViTs,” in *2024 International Conference on Emerging Research in Computational Science (ICERCS)*, 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICERCS63125.2024.10895680.
- [15] H. Ding, R. X. Gao, A. J. Isaksson, R. G. Landers, T. Parisini, and Y. Yuan, “State of AI-Based Monitoring in Smart Manufacturing and Introduction to Focused Section,” *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 25, no. 5, pp. 2143–2154, 2020, doi: 10.1109/TMECH.2020.3022983.
- [16] A. Božič, M. Zollhöfer, C. Theobalt, and M. Nießner, “DeepDeform: Learning Non-Rigid RGB-D Reconstruction With Semi-Supervised Data,” in *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Jun. 2020, pp. 7000–7010. doi: 10.1109/CVPR42600.2020.00703.
- [17] A. Bochkovskiy, C.-Y. Wang, and H.-Y. M. Liao, “YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection,” Apr. 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- [18] J. Redmon and A. Farhadi, “YOLOv3: An Incremental Improvement,” Apr. 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1804.02767>
- [19] E. Nasrullah, A. Trisanto, and K. Ramdhani, “Model Sistem Kontrol Pemilahan Produk Berbentuk Kotak,” *JURNAL ILMIAH ELITE ELEKTRO*, vol. 3, no. 1, pp. 49–58, 2012.

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Datasheet* Arduino Atmega 2560

1 Arduino Mega2560



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

The Mega 2560 is an update to the [Arduino Mega](#), which it replaces.

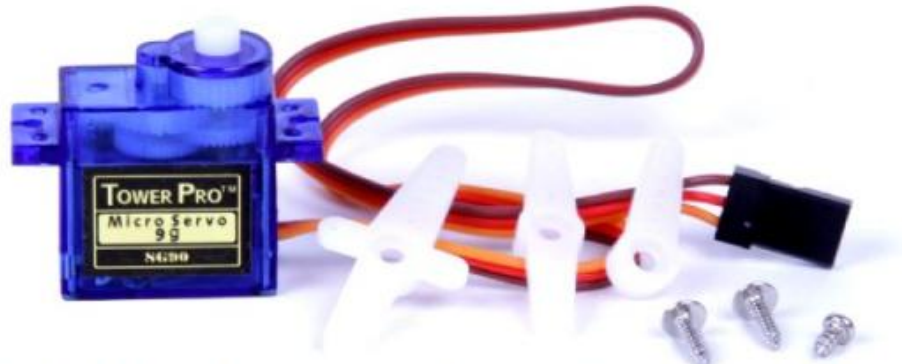
Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-9V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB used by bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

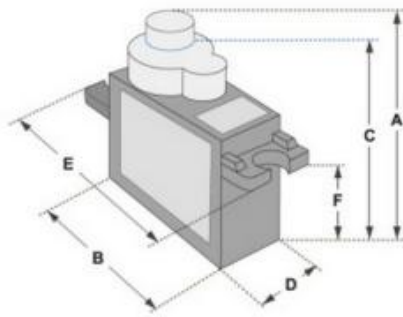
Lampiran 2. Datasheet Motor Servo SG90

SERVO MOTOR SG90

DATA SHEET



Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.

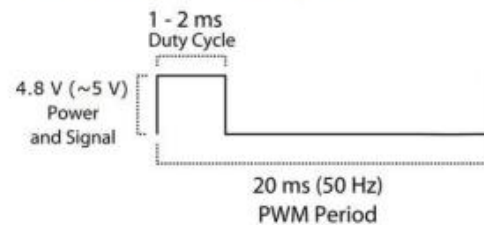


Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.

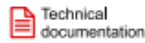
Dimensions & Specifications

A (mm) : 32
B (mm) : 23
C (mm) : 28.5
D (mm) : 12
E (mm) : 32
F (mm) : 19.5
Speed (sec) : 0.1
Torque (kg-cm) : 2.5
Weight (g) : 14.7
Voltage : 4.8 - 6

PWM=Orange (⌋⌋)
 Vcc = Red (+)
 Ground=Brown (-)



Lampiran 3. Datasheet Stepdown LM2596



LM2596
SNVS124G – NOVEMBER 1999 – REVISED MARCH 2023

LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator

1 Features

- New product available:
 - LMR51430 4.5 to 36-V, 3-A, 500-kHz and 1.1-MHz synchronous converter
- For faster time to market:
 - TLVM13630 3 to 36-V, 3-A, 200-kHz to 2.2-MHz power module
- 3.3-V, 5-V, 12-V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range: 1.2-V to 37-V $\pm 4\%$ maximum over line and load conditions
- Available in TO-220 and TO-263 packages
- 3-A output load current
- Input voltage range up to 40 V
- Requires only four external components
- Excellent line and load regulation specifications
- 150-kHz fixed-frequency internal oscillator
- TTL shutdown capability
- Low power standby mode, I_Q , typically 80 μ A
- High efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current-limit protection
- Create a custom design using the LM2596 with the WEBENCH® Power Designer

2 Applications

- Appliances
- Grid infrastructure
- EPOS
- Home theater

3 Description

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3-A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, and an adjustable output version.

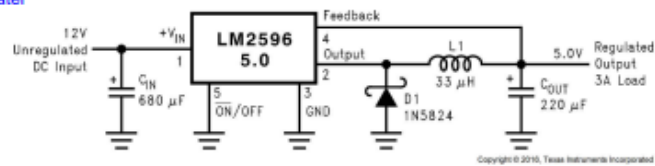
Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz, thus allowing smaller sized filter components than what can be required with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-pin TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-pin TO-263 surface mount package.

Package Information

PART NUMBER	PACKAGE ⁽¹⁾	BODY SIZE (NOM)
LM2596	NDH (TO-220, 5)	14.986 mm \times 10.16 mm
	KTT (TO-263, 5)	10.10 mm \times 8.89 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.



(Fixed Output Voltage Versions)

Typical Application

Lampiran 4. *Datasheet Sensor Proximity Infrared E18-D80NK*



Handson Technology

User Guide

E18-D80NK Adjustable Infra-Red (IR) Proximity Sensor

E18-D80NK Infrared Obstacle Avoidance Sensor is a low-cost IR Proximity Sensor with an adjustable range of 3cm to 80cm. E18-D80 IR Sensor is widely used in robots to avoid obstacles, industrial assembly lines, Reverse Car Parking, and many other automation applications. The detection range can be adjusted according to the application using the multi-turn pot-meter that is located at the back of the sensor.



SKU: SSR1069

Brief Data:

- Operating Voltage: 5Vdc.
- Current consumption: > (25~100)mA.
- Dimension: Ø17mm (diameter) x 45mm (length).
- Cable length: 45cm.
- Detection of objects: Transparent or Opaque.
- Diffuse reflective type.
- Sensing range: 3cm to 80cm (depends on obstacle surface).
- NPN output (normally high).
- Environment temperature: -25 °C ~ 55 °C.
- Weight: 42g.

Lampiran 5. Datasheet ESP32-Cam

HT

Handson Technology

Datasheet

ESP32-CAM WiFi+Bluetooth+Camera Module

The ESP32-CAM is a development board with an ESP32-S chip, an OV2640 camera, microSD card slot and several GPIOs to connect peripherals. It allows you to set up a video streaming web server, build a surveillance camera, take photos, face recognition and detection, and much more.




SKU: MDU1112

Brief Data:

- Product Name: ESP32-CAM.
- WiFi+Bluetooth module: ESP-32S.
- Camera Module: OV2640 2MP.
- Flash Light: LED Built-in on Board.
- Operating Voltage: 3.3/5 Vdc.
- Onboard TF card slot, supports up to 4G TF card for data storage .
- RAM: Internal 512KB + External 4MB PSRAM.
- Power consumption:
 - Flash off: 180mA@5V.
 - Flash on and brightness max: 310mA@5V.
 - Deep-Sleep: as low as 6mA@5V.
 - Modern-Sleep: as low as 20mA@5V.
 - Light-Sleep: as low as [6.7mA@5V](#)
- Dimensions: 40.5mm x 27mm x 4.5mm

1 |
www.handsontec.com

Lampiran 6. Datasheet Motor Driver BTS7960


HT


Handson Technology

User Guide

BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver

The BTS7960 is a fully integrated high current H bridge module for motor drive applications. Interfacing to a microcontroller is made easy by the integrated driver IC which features logic level inputs, diagnosis with current sense, slew rate adjustment, dead time generation and protection against overtemperature, overvoltage, undervoltage, overcurrent and short circuit. The BTS7960 provides a cost optimized solution for protected high current PWM motor drives with very low board space consumption.





SKU: DRV-1012

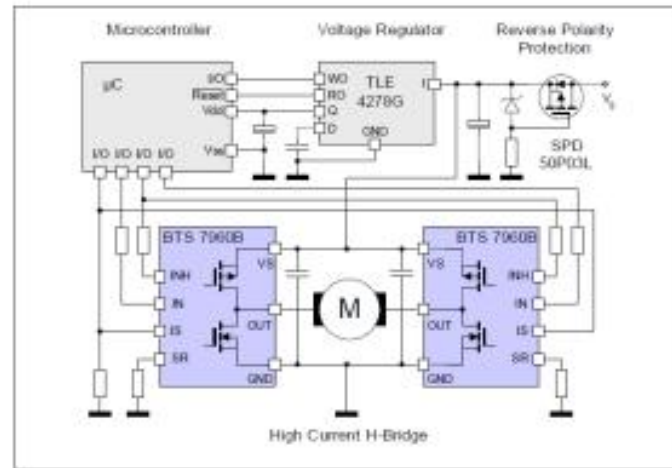
Brief Data:

- Input Voltage: 6 ~ 27Vdc.
- Driver: Dual BTS7960 H Bridge Configuration.
- Peak current: 43-Amp.
- PWM capability of up to 25 kHz.
- Control Input Level: 3.3~5V.
- Control Mode: PWM or level
- Working Duty Cycle: 0 ~100%.
- Over-voltage Lock Out.
- Under-voltage Shut Down.
- Board Size (LxWxH): 50mm x 50mm x 43mm.
- Weight: ~66g.

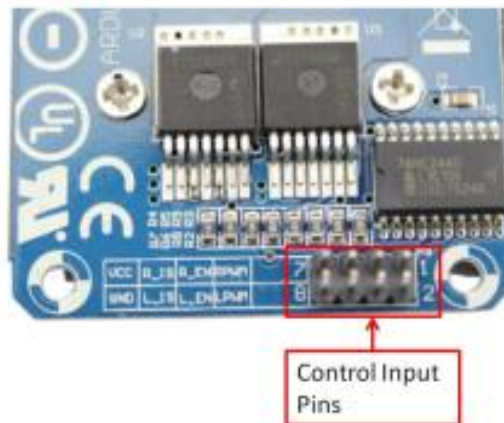
1

www.handsontec.com

Schematic Diagram:




Control Input Pin Function:



Pin No	Function	Description
1	RPWM	Forward Level or PWM signal, Active High
2	LPWM	Reverse Level or PWM signal, Active High
3	R_EN	Forward Drive Enable Input, Active High/ Low Disable
4	L_EN	Reverse Drive Enable Input, Active High/Low Disable
5	R_IS	Forward Drive, Side current alarm output
6	L_IS	Reverse Drive, Side current alarm output
7	Vcc	+5V Power Supply microcontroller
8	Gnd	Ground Power Supply microcontroller

Lampiran 9. Datasheet Motor DC Power Window



 Design with motor power window in Cirkuit Designer

Introduction

The Motor Power Window is an essential component in modern automotive systems, designed to control the up and down movement of a car's power window. This motor is typically integrated into the door assembly and is responsible for the smooth and efficient operation of the window mechanism. It is widely used in various types of vehicles, including sedans, SUVs, and trucks.

Technical Specifications

Key Technical Details

Parameter	Value
Operating Voltage	12V DC
Current Rating	2A - 5A (depending on load)
Power Rating	24W - 60W
Speed	50 - 100 RPM
Torque	10 - 20 Nm
Operating Temperature	-20°C to 70°C
Weight	500g - 1kg

Pin Configuration and Descriptions

Pin Number	Pin Name	Description
1	VCC	Power supply (12V DC)
2	GND	Ground
3	IN1	Control signal for direction (Input)
4	IN2	Control signal for direction (Input)

Usage Instructions

How to Use the Component in a Circuit

- Power Supply:** Connect the VCC pin to a 12V DC power source and the GND pin to the ground.
- Control Signals:** Use a microcontroller (e.g., Arduino UNO) to send control signals to IN1 and IN2 pins to control the direction of the motor.

Important Considerations and Best Practices

- Current Limiting:** Ensure that the power supply can handle the current requirements of the motor to avoid overheating.
- Heat Dissipation:** Provide adequate ventilation or heat sinks to manage heat generated during operation.
- Reverse Polarity Protection:** Use diodes to protect the motor from damage due to reverse polarity.

Lampiran 10. Datasheet Pushbutton dan Emergency button

30 mm Push Button Specifications

800T/H 30 mm Push Buttons

Momentary Contact Push Button Devices, Non-Illuminated



Flush Head Unit
Cat. No. 800T-A1A



Extended Head Unit
Cat. No. 800T-B6A



Booted Unit
Cat. No. 800H-R2A



Bootless Flush Head Unit
Cat. No. 800H-AR1A

800 T - A 1 A

a b c d e f



a

Protection Rating	
Code	Description
T	Metal, Type 4/13
H	Plastic, Type 4/4X/13

b

Finger-Safe Guards	
Code	Description
Blank	No guards
C	Guards on terminals

c

Operator Type		
800T Type 4/13	Description	800H Type 4/4X/13
Code		Code
A	Flush head	AR
B	Extended head	BR
D	Mushroom head	DR
DX	Mushroom head less color cap	DRX
—	Bootless guarded head	GR
—	Booted head	R*

d

Color Cap	
Code	Description
Blank	Used only when ordering Operator Type DX/DRX
1	Green
2	Black
3	Orange‡

d (cont'd)

Color Cap	
Code	Description
4	Grey‡
5	White‡
6	Red
7	Blue
9	Yellow

e

Special Mushroom Head	
Code	Description
JA	Jumbo mushroom head — plastic
LA	Jumbo mushroom head — metal

Note: Special mushroom head options only apply to mushroom head operator type code D/DR (Table c).

f

Contact Block(s)	
Code	Description
Blank	No contacts
Standard	
D1	1 N.O.
D2	1 N.C.
D3	1 N.O.E.M.
D4	1 N.C.L.B.
D5	1 N.O. (Mn)
D6	1 N.C. (Mn)
A1	1 N.C.L.B. - 1 N.O.
A2	2 N.O.§
A4	2 N.C.
A7	1 N.C.L.B. - 1 N.C.
A	1 N.O. - 1 N.C.
B	2 N.O. - 2 N.C.

f (cont'd)

Contact Block(s)	
Code	Description
PenTUFF (Low Voltage)	
D1V	1 N.O.
D2V	1 N.C.
D3V	1 N.O.E.M.
D4V	1 N.C.L.B.
AV	1 N.O. - 1 N.C.
BV	2 N.O. - 2 N.C.
Time Delay	
T	1 N.O. Depress close, delayed opening
S	1 N.C. Depress open, delayed closure
Snap Action	
M	1 N.O. - 1 N.C.
N	2 N.O. - 2 N.C.
Class 1, Div. 2	
Logic Reed	
D1R	1 N.O.
D2R	1 N.C.
A2R	2 N.O.§
A4R	2 N.C.
AR	1 N.O. - 1 N.C.
BR	2 N.O. - 2 N.C.

f (cont'd)

Contact Block(s)	
Code	Description
Class 1, Div. 2	
Sealed Switch	
D1P	1 N.O.
D2P	1 N.C.
AP	1 N.O. - 1 N.C.
BP	2 N.O. - 2 N.C.
Stackable Sealed Switch	
D1Y	1 N.O.
D2Y	1 N.C.
A2Y	2 N.O.
A4Y	2 N.C.
AY	1 N.O. - 1 N.C.
BY	2 N.O. - 2 N.C.
Time Delay Contacts	
Series C field installable kits can only be used with Series T or later operators. Adjustable range of 0.5 to 15 s ± 25%. Maximum continuous current I _m 5 A.	
Snap Action Contacts	
Snap-action contacts feature a quick make, quick break snap-action mechanism that is only available on factory assembled units. Maximum continuous current I _m 10 A.	

* Underlying operators are extended head. Boot material is chlorosulfonated polyethylene.
 ‡ Not available for booted operators.
 § A2 and A2R contact blocks cannot be stacked upon, but can stack on other contact blocks.
 ▲ Jumbo mushroom heads not available in white color.

(a)

Specifications (indoor use)

Item	Performance	
Rated insulation voltage Ui	250 V AC/DC	
Durability	Mechanical	250,000 operations
	Electrical	100,000 operations (AC-12, DC-13, DC-12)
Operating cycles per hour	900 operations/hour (On-load factor: 40%)	
Withstand voltage	Between live section and grounding: 2,000V AC, 1 minute	
	Between opposite polarity live sections: 2,000V AC, 1 minute	
Insulation resistance	Between live section and grounding: 100MΩ or more (500V DC megger)	
	Between opposite polarity live sections: 100MΩ or more (500V DC megger)	
Rated impulse withstand voltage Uimp	2.5 kV	
Conditional short-circuit current	1000 A	
Short-circuit protective device	gG10A (IEC60269 fuse)	
Pollution degree	3 (panel inside: 2)	
Vibration	Malfunction: maximum double amplitude: 0.7 mm (maximum: 50 m/s ²), frequency: 10 to 500 Hz	
	Durability: maximum double amplitude: 0.7 mm (maximum: 50 m/s ²), frequency: 10 to 500 Hz ^{*)}	
Shock	Malfunction: 150 m/s ²	
	Durability: 1000 m/s ² **)	
Operational ambient temperature	Non illuminated type: -20 to +60°C, illuminated type: -20 to +50°C (no icing or no condensation)	
Storage temperature	-40 to +80°C (no icing or no condensation)	
Relative humidity	45 to 85%RH (-5 to +40°C) (no icing or no condensation)	
Degree of protection of operator (displaying) section	IP65 (dust-proof, water jet proof): IEC 60529	
Degree of protection of terminal section	IP2X (when wired)	
Connectable wire	Stranded wire: up to 1.25 mm ² , 24 to 16 AWG-CU	
	Solid wire: up to ø1.2 mm, 24 to 16 AWG-CU	

*) The feature is decided based on the test condition for EN60947-5-5 (1998).

**) Except when the switch is mounted upside down.

Contact ratings

TÜV (EN60947-5-1), CCC (GB14048.5), and JIS C 8201-5-1

Conventional free air thermal current (rated thermal current) Ith	Rated operational voltage Ue	Rated operational current Ie			
		AC		DC	
		AC-15 (Inductive load)	AC-12 (Resistive load)	DC-13 (Inductive load)	DC-12 (Resistive load)
5 A	24 V	—	—	1.0 A	2.0 A
	120 V	3.0 A	5.0 A	—	—
	125 V	—	—	0.22 A	0.4 A
	240 V	1.5 A	3.0 A	0.1 A	0.2 A

UL/CSA standards

• AC (cosφ = 0.35)

Contact rating Code	Conventional free air thermal current (rated thermal current)	120 V		240 V	
		Making current	Breaking current	Making current	Breaking current
B300	5 A	30 A	3 A	15 A	1.5 A

• DC (T_{0.95} = 6P)

Contact rating Code	Conventional free air thermal current (rated thermal current)	Making current & breaking current	
		125 V	250 V
R300	1 A	0.22 A	0.11 A

Contact reliability

FUJI has confirmed that the product can be used in 1mA circuit conditions at 5V AC or DC.

The operable range, however, may vary depending on the operational ambient conditions and type of load.

Lamp rating and current consumption

Type of lamp	Luminous color	Operational lamp voltage	Current consumption
LED lamp	Red	24 V AC/DC	7.5 mA AC, 7.5 mA DC

Note: The LED lamp of these products cannot be replaced.

(b)

Lampiran 11. Datasheet Pilot Lamp

Product datasheet

Specifications



PILOT LIGHT - LED - Green - 230v

XB7EV03MP

Main

Range of product	Harmony XB7
Product or component type	Pilot light
Device short name	XB7
Mounting diameter	22 mm
Sale per indivisible quantity	10
Shape of signalling unit head	Round
Cap/operator or lens colour	Green
Light source	LED
Bulb base	Integral LED
[Us] rated supply voltage	230...240 V AC 50/60 Hz
Device presentation	Monolithic product

Complementary

Height	29 mm
Width	29 mm
Depth	54 mm
Terminals description ISO n°1	(X1-X2)PL
Net weight	0.02 kg
Device mounting	Fixing hole - diameter: 22.5 mm 22.3 +0.4/0 conforming to IEC 60947-5-1
Fixing center	>= 30 x 40 mm (support panel) metal - thickness: 1...6 mm >= 30 x 40 mm (support panel) plastic - thickness: 2...6 mm
Fixing mode	Fixing nut beneath head: 2...2.4 N.m
Connections - terminals	Screw clamp terminals, <= 2 x 1.6 mm² with cable end conforming to IEC 60947-1 Screw clamp terminals, 1 x 0.22...2 x 2.5 mm² without cable end conforming to IEC 60947-1
Tightening torque	0.8...1.2 N.m conforming to IEC 60947-1
Shape of screw head	Cross compatible with JIS No 1 screwdriver Cross compatible with Philips no 1 screwdriver Cross compatible with pozidriv No 1 screwdriver Slotted compatible with flat Ø 4 mm screwdriver Slotted compatible with flat Ø 5.5 mm screwdriver
[UI] rated insulation voltage	250 V (pollution degree 3) conforming to IEC 60947-1
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to IEC 60947-1
Signalling type	Steady

21 Nov 2025

Life to Go | Schneider

1

Lampiran 12. Script code dan foto seluruh sistem disimpan pada google drive ini:

<https://drive.google.com/drive/folders/1bmXsv6zslB60iBekpyXmStnCEoKdOAOQb?hl=ID>

