



**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

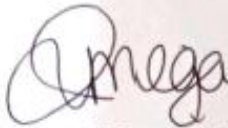
**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJI KUALITAS DAGING SAPI
OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP 32-CAM BERBASIS
*YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)***

Diajukan Oleh:
Ahmad Syamsul Arifin
40040321650057

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

DOSEN PEMBIMBING

Semarang, 5 September 2025

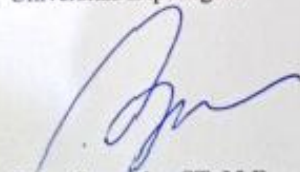


Megarini Hersaputri, ST, MT
NIP. 198902142020122012

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:

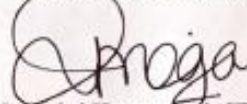
Ahmad Syamsul Arifin

40040321650057

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

Tim Penguji,

Pembimbing Pembimbing,



Megarini Hersaputri, ST, MT.

NIP. 198902142020122012

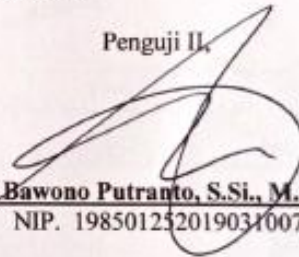
Penguji I,



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)*". Tersusunnya 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. Budiyono, 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 (Formaldehilda).....	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.*