



TUGAS AKHIR (AE43250)

**IMPLEMENTASI PENGHITUNG HARGA SAMPAH OTOMATIS
DENGAN IDENTIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN
PENGOLAHAN CITRA DI BANK SAMPAH POLITEKNIK
PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**

Firstama Yusuf Noor
NRP.0921040001

Dosen Pembimbing
Agus Khumaidi, S.ST., M.T.
Vivin Setiani, S.T., M.Eng.

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2025



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

TUGAS AKHIR (AE43250)

IMPLEMENTASI PENGHITUNG HARGA SAMPAH OTOMATIS DENGAN IDENTIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DI BANK SAMPAH POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

**Firstama Yusuf Noor
NRP. 0921040001**

**Dosen Pembimbing
Agus Khumaidi, S.ST., M.T.
Vivin Setiani, S.T., M.Eng.**

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2025**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI PENGHITUNG HARGA SAMPAH OTOMATIS DENGAN IDENTIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DI BANK SAMPAH POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Disusun Oleh:
Firstama Yusuf Noor
0921040001

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 18 Juli 2025
Periode Wisuda : Oktober 2025

Menyetujui,

Dosen Penguji

1. Dr. Eng. Imam Sutrisno, S.T., M.T.

2. Noorman Rinanto, S.T., M.T., Ph.D.

3. Agus Khumaidi, S.ST., M.T.

4. Zindhu Maulana Ahmad Putra, S.ST., M.Tr.T.

NUPTK

Tanda Tangan

(2448753654130092) (.....)

(6346754655130083) (.....)

(6149771672130433) (.....)

(7255772673130273) (.....)

Dosen Pembimbing

1. Agus Khumaidi, S.ST., M.T.

2. Vivin Setiani, S.T., M.Eng.

NUPTK

Tanda Tangan

(6149771672130433) (.....)

(7248767668230273) (.....)

Menyetujui

Ketua Jurusan,

Isa Rachman, S.T., M.T.
NIP. 198008162008121001

Mengetahui

Koordinator Program Studi,

Agus Khumaidi, S.ST., M.T.
NIP. 199308172020121004

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

	<p align="center">PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</p>	<p>No. : F.WD I. 021 Date : 3 Nopember 2015 Rev. : 01 Page : 1 dari 1</p>
---	---	--

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Firstama Yusuf Noor

Nrp. : 0921040001

Jurusan/Prodi : Teknik Kelistrikan Kapal/Teknik Otomasi

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahawa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :

Implementasi Penghitung Harga Sampah Otomatis Dengan Identifikasi Jenis Sampah Menggunakan Pengolahan Citra Di Bank Sampah Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 17 Juli 2025
Yang membuat pernyataan,



(Meterai Tempel 10000)
(Firstama Yusuf Noor)
NRP. 0921040001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, segala puji kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga sampai pada saat ini penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Implementasi Penghitung Harga Sampah Otomatis Dengan Identifikasi Jenis Sampah Menggunakan Pengolahan Citra Di Bank Sampah Politeknik Perakapalan Negeri Surabaya” dengan baik. Sholawat serta salam tidak lupa tercurahkan kepada junjungan kita semua Nabi Muhammad SAW yang senantiasa membimbing kita dari jalan yang gelap menuju jalan yang terang benderang.

Tugas Akhir ini disusun oleh penulis dengan tujuan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi D-IV Teknik Otomasi serta memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, dukungan, serta semangat dan bantuan dari berbagai pihak.

Dalam kesempatan ini, izinkan penulis mempersembahkan karya ini dengan penuh cinta dan doa yang tak pernah putus kepada Almarhumah Ibu Munawaroh dan Almarhum Bapak Sunarso, selaku ibunda tercinta dan paman yang telah mendahului penulis ke haribaan Ilahi. Meski raganya tak lagi membersamai, namun kasih sayang, nilai hidup, dan doa yang beliau wariskan terus menjadi kekuatan terbesar penulis dalam menyelesaikan setiap tantangan selama studi. Semoga Allah Subhanahu Wa Ta’ala menempatkan beliau di tempat terbaik di sisi-Nya. Aamiin. Oleh karena itu melalui kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak Karsin selaku orang tua penulis serta segenap keluarga yang telah mengorbankan apapun baik dukungan moral dan materiil yang mereka miliki serta doa yang tiada henti untuk kesuksesan penulis yang tidak akan pernah dapat terbalaskan oleh apapun.
2. Bapak Rachmad Tri Soelistijono, ST., MT. selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

3. Bapak Isa Rachman, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Agus Khumaidi, S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Otomasi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah mengarahkan, memberi koreksi, solusi, saran, doa, serta motivasi dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Ibu Vivin Setiani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah sabar membimbing, memberikan dukungan, memberikan solusi serta membagikan banyak ilmu sehingga Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan dengan baik.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan ilmu dan pengetahuannya selama penulis menjalankan studi di PPNS.
7. Direktur dan segenap karyawan PT Insan Sejahtera Engineering Pak Toni, Pak Taufan, Pak Feri, Pak Adi, Pak Riang, Mas Rio, Rian Tongkle, Coach Noval larangan, Kak Nita, Kang Udin gemoy, Kak Aldino dan Kak Fadhil yang telah memberikan fasilitas, ilmu serta dukungan kepada penulis untuk merealisasikan Tugas Akhir ini.
8. Keluarga seperjuangan kontrakan putri barokah, teman sejawat Teknik Otomasi 2021 yang sudah mendukung penulis dan menemani proses pengerjaan Tugas Akhir sehingga penulis terhindar dari stres yang berkepanjangan.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga kebbaikannya dibalas oleh Allah SWT. dengan berlipat ganda, amiin.

Penulis menyadari dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan pembaca memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga bermanfaat bagi pengembangan penelitian selanjutnya. Semoga buku Tugas Akhir ini banyak memberikan manfaat bagi pembaca khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Penulis,

Firstama Yusuf Noor

IMPLEMENTASI PENGHITUNG HARGA SAMPAH OTOMATIS DENGAN IDENTIFIKASI JENIS SAMPAH MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DI BANK SAMPAH POLITEKNIK PERAKAPALAN NEGERI SURABAYA

Firstama Yusuf Noor

ABSTRAK

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) telah mendirikan Bank Sampah sebagai langkah dalam pengelolaan sampah yang lebih terstruktur. Namun, sistem yang digunakan masih bersifat manual, baik dalam proses penimbangan maupun pencatatan data, sehingga rawan kesalahan dan tidak efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penimbangan sampah otomatis berbasis sensor loadcell yang dilengkapi dengan Kalman Filter untuk menyaring noise dan meningkatkan akurasi pembacaan. Sistem juga mengintegrasikan metode *You Only Look Once* versi 5 (YOLOv5s) untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah anorganik secara otomatis dari citra kamera. Seluruh data terhubung ke server dan dapat diakses melalui aplikasi Android yang menampilkan informasi real-time mengenai transaksi, saldo, dan kategori sampah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Kalman Filter mampu menstabilkan pembacaan berat dengan nilai estimasi yang mendekati beban aktual, sementara model YOLOv5s berhasil mengklasifikasikan 14 kategori sampah dengan rata-rata nilai confidence sebesar 90,86%. Selain itu, sistem dapat secara otomatis mengubah tampilan HMI sesuai objek yang terdeteksi. Dengan demikian, sistem ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan otomatisasi dalam pengelolaan Bank Sampah PPNS.

Kata kunci: *Bank Sampah, Loadcell, Kalman Filter, YOLOv5, Aplikasi Android, Otomatisasi.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC WASTE PRICE COUNTER WITH IDENTIFICATION OF WASTE TYPE USING IMAGE PROCESSING IN SHIPBUILDING INSTITUTE OF POLYTECHNIC SURABAYA WASTE BANK

Firstama Yusuf Noor

ABSTRACT

The Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya (PPNS) has established a Waste Bank as a step in more structured waste management. However, the system used is still manual, both in the weighing process and data recording, making it error-prone and inefficient. This research aims to develop a loadcell sensor-based automatic waste weighing system equipped with a Kalman Filter to filter noise and improve reading accuracy. The system also integrates the You Only Look Once version 5 (YOLOv5s) method to automatically detect and classify inorganic waste from camera images. All data is connected to the server and can be accessed through an Android application that displays real time information about transactions, balances, and waste categories. The test results demonstrate that the Kalman Filter effectively stabilizes the weight reading, yielding an estimated value close to the actual load. Meanwhile, the YOLOv5s model successfully classifies 14 categories of waste with an average confidence value of 90.86%. Additionally, the system can automatically update the HMI display according to the detected object. Thus, this system is proven to be able to improve efficiency, accuracy, and automation in the management of the PPNS Waste Bank.

Keyword: *Garbage Bank, Loadcell, Kalman Filter, YOLOv5, Android Application, Automation.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR KODE PROGRAM	xxv
DAFTAR NOTASI	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Penelitian Terdahulu	7
2.2 Kajian Pustaka.....	10
2.2.1 Pengelolaan Sampah	11
2.2.2 Kalman Filter	13
2.2.3 Pengolahan Citra.....	15
2.2.4 Warna RGB	16
2.2.5 <i>You Only Look Once</i> (YOLO)	17
2.2.6 <i>Confusion Matrix</i>	18
2.3 <i>Hardware</i> yang Digunakan	19
2.3.1 Mikrokontroler ESP32.....	19
2.3.2 <i>Loadcell</i>	20
2.3.3 <i>Summing Box</i>	21

2.3.4 Weigh Amplifier.....	22
2.3.5 Power Supply.....	23
2.3.6 LCD Nextion	23
2.3.7 Radio Frequency Identification (RFID)	24
2.3.8 Webcam.....	25
2.3.9 Modul MP3	26
2.3.10 Buzzer.....	26
2.4 Software yang Digunakan	27
2.4.1 Arduino IDE (<i>Integrated Development Environment</i>).....	27
2.4.2 Visual Studio Code.....	28
2.4.3 Node Js	28
2.4.4 Google Colaboratory	29
2.4.5 OpenCV.....	30
2.4.6 Android Studio	30
2.4.7 Java.....	31
2.4.8 MySQL.....	32
2.4.9 XAMPP	33
2.4.10 Python.....	33
2.4.11 PHP.....	34
2.4.12 MATLAB	34
2.4.13 Nextion Editor	35
BAB 3 METODE PENELITIAN	37
3.1 Konsep Penelitian	37
3.2 Tahapan Penelitian.....	38
3.2.1 Identifikasi Masalah	39
3.2.2 Studi Literatur	40
3.2.3 Analisis Kebutuhan Sistem	40
3.2.4 Rancangan Alur Kerja Sistem	40
3.2.5 Metode Kalman Filter	42
3.2.6 Metode YOLOv5 (You Only Look Once)	43
3.2.7 Perencanaan Implementasi Metode YOLOv5.....	44
3.2.7.1 Implementasi Hasil Model Pelatihan.....	46
3.3 Perencanaan dan Desain	46

3.3.1 Perencanaan <i>Hardware</i>	47
3.3.2 Perencanaan Desain Timbangan	47
3.3.3 Perencanaan Mekanik	48
3.3.4 Perencanaan <i>Software</i>	48
3.3.5 Perencanaan Desain <i>Interface</i>	48
3.3.6 Use Case Diagram	50
3.3.7 Arsitektur Protokol <i>Interface</i>	51
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Hasil Perancangan Hardware	53
4.1.1 Pembuatan <i>Printed Circuit Board</i> (PCB)	53
4.1.2 Hasil Perancangan dan Pengujian Sensor Loadcell	54
4.1.3 Hasil Perancangan dan Pengujian Sensor RFID (<i>Radio Frequency Identification</i>)	59
4.1.4 Hasil Perancangan dan Pengujian <i>Webcam</i>	61
4.1.5 Hasil Perancangan dan Pengujian <i>Alarm Buzzer</i>	63
4.1.6 Hasil Perancangan dan Pengujian Modul DF Mini Player	64
4.1.7 Penerapan <i>Human Machine Interface</i> (HMI)	66
4.2 Hasil Perancangan dan Pembuatan Mekanik	67
4.3 Hasil Perancangan Software	69
4.3.1 Antarmuka <i>Software</i>	69
4.3.2 Halaman Login	69
4.3.3 Dashboard	70
4.3.4 Kategori Sampah	70
4.3.5 Daftar Nasabah	71
4.3.6 Tambah Nasabah	72
4.3.7 Laporan	73
4.3.8 Transaksi	74
4.3.9 Manual Input	75
4.4 Simulasi dan Pengujian Metode Kalman Filter	76
4.4.1 Hasil Pengujian Alat Menggunakan Kalman Filter	83
4.5 Hasil Pembahasan Implementasi Metode YOLO (<i>You Only Look Once</i>) ..	88
4.5.1 Persiapan Dataset dan Labeling	88
4.5.2 Pelatihan Model YOLOv5s	91

4.5.3 Hasil Training Dataset.....	91
4.5.4 Pengujian Model YOLOv5s terhadap Seluruh Kelas Objek.....	95
4.5.5 Hasil Integrasi Metode YOLOv5 pada Sistem.....	123
4.6 Hasil Perbandingan Proses.....	126
BAB 5 PENUTUP	129
4.7 Kesimpulan	129
4.8 Saran	130
DAFTAR PUSTAKA	133
LAMPIRAN	139
Lampiran 1 Biodata Mahasiswa	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)	8
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)	9
Tabel 2.2 Daftar Sampah	11
Tabel 2.2 Daftar Sampah (Lanjutan)	12
Tabel 2.2 Daftar Sampah (Lanjutan)	13
Tabel 2.3 Spesifikasi ESP32	20
Tabel 2.4 Fungsi Pin Pada RFID	24
Tabel 2.5 Spesifikasi RFID	24
Tabel 2.5 Spesifikasi RFID (Lanjutan)	25
Tabel 3.1 Kebutuhan Sistem	40
Tabel 4.1 Konektivitas Sensor Loadcell.....	55
Tabel 4.2 Objek Validasi Sensor Loadcell	56
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Loadcell.....	57
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Loadcell (Lanjutan).....	58
Tabel 4.4 Konektivitas Sensor RFID	60
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor RFID	60
Tabel 4.6 Konektivitas Webcam.....	62
Tabel 4.7 Konektivitas Buzzer	63
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Buzzer	64
Tabel 4.9 Konektivitas DF Player Mini	65
Tabel 4.10 Hasil Pengujian DF Player Mini	65
Tabel 4.11 Konektivitas HMI Nextion.....	67
Tabel 4.12 Hasil Pengujian HMI Nextion.....	67
Tabel 4.13 Data Pembacaan Sensor Loadcell	77
Tabel 4.14 Nilai RMSE Filter Terhadap Data Asli.....	82
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Tanpa Filter dan Dengan Filter Beban 5 Kg .	86
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Tanpa Filter dan Dengan Filter Beban 10 Kg	86
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Tanpa Filter dan Dengan Filter Beban 10 Kg (Lanjutan)	87

Tabel 4.17 Dataset Setiap Kelas	89
Tabel 4.17 Dataset Setiap Kelas (Lanjutan)	90
Tabel 4.18 Parameter Pelatihan Model Yolov5s.....	91
Tabel 4.19 Evaluasi Performa Model Deteksi	94
Tabel 4.20 Pengujian Kelas Kertas.....	96
Tabel 4.20 Pengujian Kelas Kertas (Lanjutan)	97
Tabel 4.21 Pengujian Kelas PlastikA	98
Tabel 4.21 Pengujian Kelas PlastikA (Lanjutan).....	99
Tabel 4.22 Pengujian Kelas PlastikB.....	100
Tabel 4.22 Pengujian Kelas PlastikB (Lanjutan).....	101
Tabel 4.23 Pengujian Kelas PlastikC.....	102
Tabel 4.23 Pengujian Kelas PlastikC (Lanjutan).....	103
Tabel 4.24 Pengujian Kelas PlastikD	104
Tabel 4.24 Pengujian Kelas PlastikD (Lanjutan).....	105
Tabel 4.25 Pengujian Kelas PlastikE	106
Tabel 4.25 Pengujian Kelas PlastikE (Lanjutan)	107
Tabel 4.26 Pengujian Kelas PlastikF	108
Tabel 4.26 Pengujian Kelas PlastikF (Lanjutan)	109
Tabel 4.27 Pengujian Kelas Plastik Campur	110
Tabel 4.27 Pengujian Kelas Plastik Campur (Lanjutan).....	111
Tabel 4.28 Pengujian Kelas Besi	111
Tabel 4.28 Pengujian Kelas Besi (Lanjutan)	112
Tabel 4.28 Pengujian Kelas Besi (Lanjutan)	113
Tabel 4.29 Pengujian Kelas Logam.....	113
Tabel 4.29 Pengujian Kelas Logam (Lanjutan)	114
Tabel 4.29 Pengujian Kelas Logam (Lanjutan)	115
Tabel 4.30 Pengujian Kelas Kaca	115
Tabel 4.30 Pengujian Kelas Kaca (Lanjutan)	116
Tabel 4.30 Pengujian Kelas Kaca (Lanjutan)	117
Tabel 4.31 Pengujian Kelas Plastik Lembar.....	117
Tabel 4.31 Pengujian Kelas Plastik Lembar (Lanjutan)	118
Tabel 4.32 Pengujian Kelas Karung	119

Tabel 4.32 Pengujian Kelas Karung (Lanjutan)	120
Tabel 4.33 Pengujian Kelas Lainnya.....	121
Tabel 4.33 Pengujian Kelas Lainnya (Lanjutan).....	122
Tabel 4.34 Pengujian Metode YOLOv5s	123
Tabel 4.34 Pengujian Metode YOLOv5s (Lanjutan)	124
Tabel 4.34 Pengujian Metode YOLOv5s (Lanjutan)	125
Tabel 4.35 Perbandingan Waktu Proses	127

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Perbandingan Noise dan Penerapan Kalman filter	15
Gambar 2.2 Model Warna RGB	17
Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan Yolo	17
Gambar 2.4 ESP32	20
Gambar 2.5 Sensor Loadcell.....	21
Gambar 2.6 <i>Summing Box</i>	22
Gambar 2.7 Weigh Amplifier	22
Gambar 2.8 <i>Power Supply</i>	23
Gambar 2.9 LCD Nextion	24
Gambar 2.10 RFID.....	25
Gambar 2.11 Webcam	25
Gambar 2.12 Modul DF Player.....	26
Gambar 2.13 Buzzer.....	27
Gambar 2.14 Arduino IDE	27
Gambar 2.15 Visual Studio Code.....	28
Gambar 2.16 Node.Js	29
Gambar 2.17 Google Colaboratory	29
Gambar 2.18 Logo OpenCV	30
Gambar 2.19 Tampilan Halaman Android Studio	31
Gambar 2.20 Logo Java	32
Gambar 2.21 Logo MySQL	32
Gambar 2.22 Logo XAMPP.....	33
Gambar 2.23 Logo Python	33
Gambar 2.24 Logo PHP	34
Gambar 2.25 Logo Software MATLAB.....	34
Gambar 2.26 Tampilan Halaman Nextion Editor.....	35
Gambar 3.1 Rancangan Diagram Blok Sistem	37
Gambar 3.2 Diagram Blok Tahapan Penelitian.....	39
Gambar 3.3 Rancangan Flowchart Sistem	41

Gambar 3.4 Kalman Filter	43
Gambar 3.5 Arsitektur YOLOv5	44
Gambar 3.6 Pengambilan Dataset	45
Gambar 3.7 Proses Anotasi Dataset di Platform Makesense	45
Gambar 3.8 Perancangan Hardware	47
Gambar 3.9 Rancangan Desain Timbangan	47
Gambar 3.10 Perancangan Mekanik.....	48
Gambar 3.11 Perencanaan Tampilan Awal Aplikasi Android.....	48
Gambar 3.12 Perencanaan Tampilan Halaman Admin.....	49
Gambar 3.13 Perencanaan Tampilan Halaman Nasabah	50
Gambar 3.14 Use Case Diagram	51
Gambar 4.1 Routing Board PCB	54
Gambar 4.2 Hasil PCB yang Telah Dicitak dan Dirakit	54
Gambar 4.3 Wiring Sensor Loadcell	55
Gambar 4.4 Wiring Sensor RFID	59
Gambar 4.5 Pengujian Sensor RFID Menggunakan Mistar	61
Gambar 4.6 Wiring Webcam	61
Gambar 4.7 Pengujian Webcam	62
Gambar 4.8 Wiring Buzzer.....	63
Gambar 4.9 Wiring Modul DF Mini Player	64
Gambar 4.10 Wiring HMI Nextion.....	66
Gambar 4.11 Perancangan Mekanik.....	68
Gambar 4.12 Hasil Perancangan Mekanik	68
Gambar 4.13 Halaman Login	69
Gambar 4.14 Dashboard Admin dan Nasabah	70
Gambar 4.15 Kategori Sampah	71
Gambar 4.16 Daftar Nasabah	72
Gambar 4.17 Tambah Nasabah.....	73
Gambar 4.18 Tampilan Laporan	74
Gambar 4.19 Tampilan Transaksi	75
Gambar 4.20 Tampilan Manual Input.....	76
Gambar 4.21 Data Sensor Loadcell.....	78

Gambar 4.22 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 10$	79
Gambar 4.23 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 100$	79
Gambar 4.24 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 1000$	80
Gambar 4.25 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 10000$	81
Gambar 4.26 Kalman Filter dengan $Q = 100$ dan $R = 1$	81
Gambar 4.27 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 200$	83
Gambar 4.28 Penerapan Kalman Filter Pada ESP32	85
Gambar 4.29 Pengujian Penerapan Kalman Filter Pada ESP32	85
Gambar 4.30 Result Hasil Training.....	92
Gambar 4.31 Confusion Matrix	93

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 4.1 Fungsi Pembacaan ESP32	56
Kode Program 4.2 Penerapan Rumus Kalman Filter pada ESP32.....	84

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR NOTASI

\hat{x} :	<i>Variable State</i>
P:	Matriks Kovarian State
F:	Matriks Transisi
U:	Variable Kontrol <i>Input</i>
B:	Matriks Kontrol <i>Input</i>
Q:	Matriks Kovarian <i>Noise</i> Proses
H:	Matriks Pengukuran (<i>Measurement</i>)
y:	Variable Pengukuran (<i>Measurement</i>)
R:	Matriks Kovarian <i>Noise</i> Pengukuran,
K:	Kalman <i>Gain</i> .
k-1:	Waktu Sebelumnya
TP :	<i>True Positive</i>
TN :	<i>True Negative</i>
FP :	<i>False Positive</i>
FN :	<i>False Negative</i>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) merupakan institusi pendidikan tinggi yang terus berkembang setiap tahun, baik dari segi jumlah mahasiswa, tenaga pengajar, maupun karyawan lainnya. Jumlah sampah yang dihasilkan setiap hari meningkat sebagai akibat dari perkembangan ini. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk PPNS dan perubahan pola konsumsi, jumlah sampah yang dihasilkan pun turut meningkat. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengelola keadaan ini dengan baik agar tidak menimbulkan masalah lingkungan. (Yusari and Purwohandoyo, 2020). Pengelolaan sampah adalah suatu rangkaian proses yang mencakup upaya untuk mengurangi jumlah sampah, yang meliputi tahapan seperti penyimpanan, pengumpulan, pemindahan, pengolahan, pengangkutan, serta penanganan akhir sampah (Utami and Fitria Ningrum, 2020).

Berdasarkan hasil peringkat UI GreenMetric, Kampus PPNS memperoleh skor keseluruhan sebesar 3655. Dari total skor tersebut, kategori pengelolaan limbah memiliki kontribusi terkecil kedua dengan skor sebesar 375. Oleh karena itu, diperlukan upaya strategis untuk meningkatkan skor pada aspek pengelolaan limbah, guna memperbaiki peringkat dan mendukung keberlanjutan lingkungan yang lebih optimal (UIGM, 2024).

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) telah mendirikan Bank Sampah pada 22 Juli 2024 lalu. Bank Sampah PPNS secara teratur mengumpulkan sampah plastik dari warga kampus. Sampah kemudian dipisahkan menurut jenisnya, sampah organik akan diolah menjadi kompos, sedangkan sampah anorganik akan dijual ke pihak ketiga untuk didaur ulang. Selain itu, karena jumlah dan jenis sampah masih dimasukkan secara manual, pencatatan membutuhkan lebih banyak perhatian dan waktu.

Untuk mendukung pengelolaan sampah yang lebih efisien, penggunaan teknologi dalam sistem Bank Sampah menjadi sangat relevan. Salah satu aspek yang dapat ditingkatkan adalah sistem penimbangan sampah. Saat ini, proses

penimbangan masih dilakukan secara manual dengan menggunakan timbangan konvensional, yang hasilnya kemudian dicatat secara manual oleh petugas. Kondisi ini membutuhkan waktu dan rentan terhadap kesalahan pencatatan, terutama ketika volume sampah yang ditangani semakin besar.

Dalam penelitian ini, akan difokuskan pada pengembangan sistem penimbangan sampah berbasis *loadcell* yang mampu mengukur berat sampah secara otomatis dan akurat. *Loadcell* adalah alat pengukur yang dapat mengidentifikasi perubahan massa atau beban dan kemudian mengkonversinya menjadi sinyal listrik. (Feryanti *et al.*, 2023). Dengan menggunakan *loadcell*, data berat sampah dapat dicatat secara *real-time* tanpa intervensi manual, sehingga prosesnya menjadi lebih efisien dan akurat.

Untuk meningkatkan keakuratan pengukuran dan mengatasi gangguan seperti noise pada sinyal dari *loadcell*, penelitian ini akan menggunakan metode Kalman Filter. Kalman Filter adalah algoritma yang efektif dalam menyaring data dari sensor dan mengurangi kesalahan pengukuran (Alfian, Ma'Arif and Sunardi, 2021). Dengan menggunakan metode ini, hasil penimbangan sampah diharapkan lebih stabil dan mendekati nilai sebenarnya, meskipun terdapat gangguan atau fluktuasi pada data sensor.

Untuk lebih meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sampah, penelitian ini juga akan mengintegrasikan metode *You Only Look Once* (YOLO) untuk mendeteksi kategori sampah secara otomatis. YOLO adalah algoritma deteksi objek berbasis *deep learning* yang mampu mengidentifikasi dan mengklasifikasikan berbagai jenis objek dalam sebuah gambar secara *real-time* dengan akurasi tinggi (Romadloni *et al.*, 2023). Penerapan YOLO dalam sistem ini bertujuan untuk mengotomatisasi proses identifikasi kategori sampah, seperti membedakan antara sampah plastik, kertas, logam dan lain-lain, tanpa perlu intervensi manual.

Proses deteksi dimulai dengan pengambilan gambar sampah menggunakan kamera yang terintegrasi dengan sistem. Gambar tersebut kemudian dianalisis oleh model YOLO yang telah dilatih untuk mengenali berbagai kategori sampah. Hasil klasifikasi ini selanjutnya dihubungkan dengan sistem penghitung harga sampah otomatis untuk mencatat hasil sampah yang disetor. Dengan demikian, data yang

dikumpulkan menjadi lebih detail dan komprehensif, mencakup informasi berat dan kategori sampah secara otomatis.

Sistem ini akan diintegrasikan dengan aplikasi Android untuk mendukung otomatisasi penginputan data dan memudahkan akses bagi pengguna. Data hasil penimbangan dan klasifikasi sampah akan langsung dikirimkan ke server yang terhubung dengan aplikasi tersebut, di mana data akan disimpan dan dikelola secara terpusat. Melalui aplikasi Android ini, pengguna dapat memantau jumlah saldo yang dimiliki, melihat riwayat transaksi, serta melihat harga sampah.

Dengan adanya integrasi antara sistem *loadcell*, kalman filter, dan aplikasi android, pengelolaan Bank Sampah di PPNS diharapkan menjadi lebih modern, efisien, dan akurat. Sistem ini tidak hanya meminimalkan kesalahan dalam pencatatan data, tetapi juga mendukung transparansi dan kemudahan dalam pengelolaan sampah, sekaligus menjadi langkah awal menuju digitalisasi yang lebih luas dalam pengelolaan lingkungan kampus.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut pertanyaan penelitian pada Tugas Akhir ini:

1. Bagaimana cara meningkatkan efisiensi dalam proses transaksi sampah di Bank Sampah Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya?
2. Seberapa besar pengaruh metode Kalman Filter dalam mengurangi noise pada sinyal dari *loadcell* dalam sistem penimbangan sampah otomatis?
3. Bagaimana metode You Only Look Once (YOLO) dapat diintegrasikan untuk mengotomatisasi proses deteksi dan klasifikasi kategori sampah di PPNS?
4. Apa dampak penggunaan sistem berbasis teknologi terhadap peningkatan efisiensi pengelolaan sampah di Bank Sampah PPNS?

1.3 Batasan Penelitian

Agar masalah tidak terlalu luas, ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini fokus pada pengembangan dan penerapan sistem penimbangan sampah berbasis *loadcell* yang diintegrasikan dengan Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi pengukuran.

2. Klasifikasi sampah dalam penelitian ini hanya mencakup kategori sampah yang diidentifikasi menggunakan teknologi YOLO.
3. Penelitian ini terbatas pada integrasi sistem penimbangan dan klasifikasi sampah dalam aplikasi Android untuk mempermudah pengelolaan dan pencatatan transaksi.
4. Penelitian ini tidak mencakup aspek pengolahan atau daur ulang sampah, yang lebih berkaitan dengan tahap setelah penimbangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin diraih dalam Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Mengembangkan sistem penghitung harga sampah otomatis berbasis loadcell guna mendukung pencatatan data berat sampah yang lebih sistematis dan efisien di Bank Sampah PPNS..
2. Menerapkan Kalman Filter dalam menyaring noise atau gangguan yang terjadi pada sinyal dari loadcell, sehingga dapat meningkatkan akurasi pengukuran berat sampah dan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh fluktuasi data sensor.
3. Mengintegrasikan metode YOLO dalam sistem untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kategori sampah secara otomatis, tanpa intervensi manual.
4. Membuat aplikasi Android untuk mendukung otomatisasi penginputan data dan memudahkan akses pengguna dalam memantau transaksi pada Bank Sampah.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapatkan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan sampah, mendukung perbaikan skor pengelolaan limbah dalam peringkat UI GreenMetric, serta memperbaiki keberlanjutan lingkungan kampus.
2. Mempermudah masyarakat kampus dalam berpartisipasi dalam pengelolaan sampah dengan menyediakan platform yang transparan dan mudah diakses melalui aplikasi Android.

3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengelolaan sampah berbasis sensor dan *deep learning*, serta menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut dalam pengelolaan sampah menggunakan teknologi.
4. Mendukung pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan dengan meminimalkan kesalahan dalam pencatatan data dan meningkatkan efisiensi proses daur ulang sampah.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memberikan ringkasan literatur tentang penelitian sebelumnya, subjek yang digunakan dalam penelitian, teknik yang digunakan, dan hardware dan software yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir.

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Pada Tabel 2.1 adalah beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan digunakan sebagai referensi utama, karena memiliki keterkaitan yang erat dengan topik yang diangkat dalam Tugas Akhir ini. Penelitian-penelitian tersebut memberikan landasan teori, data, serta wawasan yang mendukung analisis dan pengembangan dalam penelitian ini.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama	Judul	Kesimpulan
(Laily Fithri <i>et al.</i> , 2024)	Pengelolaan Bank Sampah Muria Berseri berbasis Digital Desa Gondangmanis Kabupaten Kudus	Pengelolaan bank sampah yang sudah berbasis digital merupakan langkah maju dalam upaya pengelolaan sampah yang efektif dan berkelanjutan. Melalui penerapan teknologi informasi dan komunikasi, bank sampah dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan transparansi dalam proses pengelolaan sampah, mulai dari pendataan hingga pencairan hasil. Sistem digital memungkinkan bank sampah untuk melakukan pendataan macam-macam sampah dan nasabah secara lebih cepat dan akurat. Teknologi seperti sensor otomatis dan aplikasi perangkat lunak khusus dapat mempercepat proses pendataan dan mengurangi kesalahan manusia. Selain itu, sistem basis data terintegrasi memungkinkan bank sampah untuk melakukan analisis data yang lebih mendalam, mengidentifikasi tren, dan membuat keputusan strategis yang lebih baik.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Nama	Judul	Kesimpulan
		<p>Proses penyetoran sampah oleh nasabah dan pencairan hasil sampah juga dapat dilakukan secara lebih efisien melalui sistem digital. Nasabah dapat melakukan transaksi secara langsung melalui aplikasi atau portal online, yang mempercepat proses dan mengurangi birokrasi. Pencairan hasil sampah dapat dilakukan secara otomatis sesuai dengan data transaksi yang tercatat dalam sistem, mengurangi risiko kesalahan dan penundaan dalam pembayaran insentif kepada nasabah. Secara keseluruhan, pengelolaan bank sampah yang sudah berbasis digital memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional, meningkatkan partisipasi masyarakat, dan memperkuat dampak positif terhadap lingkungan. Namun, keberhasilan implementasi sistem digital bergantung pada kesadaran dan keterampilan teknis masyarakat, serta investasi dalam infrastruktur teknologi yang diperlukan.</p>
(Sawalinto, Erwansyah and Ibnutama, 2023)	Sistem Penimbangan Daging Ayam Berbasis Web Menggunakan NodeMCU ESP8266	<p>Kesimpulan yang dapat diambil dari penerapan Sistem Penimbangan Daging Ayam Berbasis Web menggunakan NodeMCU ESP8266 adalah sebagai berikut: Pengujian sistem dilakukan dengan menimbang daging ayam dengan berbagai variasi berat. Namun, perlu diperhatikan bahwa prototipe ini hanya mampu menampung beban hingga 5 kg. Sistem ini mengimplementasikan teknik counter untuk menghitung jumlah massa daging ayam yang ditimbang, yang kemudian dihitung secara real-time pada halaman web yang terhubung dengan sistem penimbangan. Sistem penimbangan digital daging ayam ini dirancang dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data, sensor loadcell sebagai input, dan web sebagai output untuk menampilkan hasil penimbangan. Dengan demikian, prototipe ini dapat mempermudah pekerjaan tanpa perlu mencatat hasil penimbangan secara manual setiap harinya.</p>

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Nama	Judul	Kesimpulan
(Fambudi, Syai and Adhitya, 2024)	Penerapan Kalman Filter Pada Pembacaan Sensor Loadcell Berbasis PLC Siemens S7-1200	Perancangan sistem penimbangan menggunakan sensor loadcell berbasis PLS Siemens S7-1200 menggunakan metode Kalman filter. Data yang digunakan adalah data analog PLC yang dinormalisasi dari bentuk hexadesimal menjadi bentuk bilangan bulat kemudian diskalakan sesuai dengan daya tampung sensor loadcell dengan satuan kilogram (kg). Dari hasil observasi menggunakan software MATLAB dapat disimpulkan semakin besar nilai perbandingan Q dengan R maka semakin jauh nilai filter dari nilai pembacaan asli dan semakin halus pembacaan nilai filter. Sebaliknya, semakin kecil nilai perbandingan Q dengan R maka semakin dekat nilai filter dengan pembacaan asli. Penerapan sistem Kalman filter pada mesin timbang didapatkan hasil rata-rata error antara hasil menggunakan Kalman filter dan tanpa menggunakan Kalman filter sebesar 0,10% yang berarti nilai hasil Kalman filter dapat meredam noise dengan optimal sehingga hasil penimbangan lebih akurat dan stabil.
(Abdillah <i>et al.</i> , 2025)	Klasifikasi Jenis Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Metode YOLOv5 Berbasis Website	Kesimpulan dari penelitian ini adalah metode YOLOv5 efektif dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah organik dan anorganik dengan rata-rata akurasi 86%. Sistem klasifikasi berbasis website yang dikembangkan memudahkan masyarakat dalam memisahkan sampah, mendukung proses daur ulang, dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan sampah untuk menjaga kelestarian lingkungan.

Penelitian dari jurnal pertama menunjukkan bahwa pengelolaan bank sampah berbasis digital telah membawa kemajuan dalam efisiensi dan transparansi. Namun,

proses penimbangan sampah masih dilakukan secara manual, yang berpotensi menghambat optimalisasi sistem. Sementara itu, jurnal kedua menawarkan inovasi berupa sistem penimbangan otomatis daging ayam berbasis web menggunakan NodeMCU ESP8266. Sistem ini mampu menampilkan hasil timbangan secara real-time melalui halaman web, namun belum mengadopsi teknologi Kalman filter untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Pada jurnal ketiga, penelitian lebih berfokus pada penerapan Kalman filter untuk meminimalkan noise pada pembacaan sensor loadcell. Penggunaan PLC Siemens S7-1200 sebagai pengontrol memberikan hasil penimbangan yang lebih akurat dan stabil, tetapi perangkat ini memiliki kelemahan dalam hal biaya produksi yang tinggi, sehingga kurang cocok untuk aplikasi skala kecil atau menengah. Pada jurnal keempat, metode YOLOv5 efektif dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah organik dan anorganik dengan rata-rata akurasi 86%. Namun masih ada kekurangan pada penelitian tersebut yang mana hanya mengklasifikasikan sampah diharapkan implementasi yolo pada penelitian ini bisa digunakan untuk bank sampah otomatis yang mana meningkatkan keefektifan dan fungsi dari metode YOLO ini.

Melalui penelitian yang akan dilakukan, penulis berharap dapat mengintegrasikan keunggulan dari keempat jurnal tersebut sambil mengatasi kekurangannya. Tujuan penelitian penulis adalah merancang sistem penghitung harga sampah otomatis berbasis aplikasi android yang tidak hanya efisien dan akurat melalui penerapan Kalman filter untuk mengurangi noise yang dihasilkan sensor *loadcell* dan YOLO sebagai pengklasifikasi kategori sampah untuk memilih jenis sampah, diharapkan dengan integrasi seluruh keunggulan empat jurnal tersebut mampu memberikan sistem yang optimal juga lebih ekonomis dan mudah diterapkan. Dengan pendekatan ini, penulis berharap sistem yang dihasilkan dapat memberikan solusi yang lebih menyeluruh untuk mendukung pengelolaan sampah yang efektif dan berkelanjutan.

2.2 Kajian Pustaka

Dalam tugas akhir, kajian pustaka merujuk pada landasan konseptual dan prinsip-prinsip yang menjadi dasar pengembangan penelitian. Ini mencakup tinjauan literatur dan konsep-konsep kunci yang mendukung pemahaman topik

penelitian. Dasar teori memberikan pemahaman mendalam tentang konteks penelitian, mendukung perumusan hipotesis, dan membentuk dasar analisis data. Dengan kata lain, dasar teori memberikan landasan intelektual bagi kerangka penelitian dan pemahaman yang diperlukan untuk menjelaskan fenomena yang diteliti.

2.2.1 Pengelolaan Sampah

Sistem pengelolaan sampah berbasis komunitas yang dikenal sebagai bank sampah bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Serta memberikan nilai ekonomis pada sampah yang dapat didaur ulang. Menurut (Hikmah Perkasa, Fathihani and Apriani, 2021), konsep bank sampah melibatkan penimbangan, pencatatan, dan penukaran sampah dengan insentif seperti uang atau barang. Pada Tabel 2.2 adalah daftar sampah yang diterima oleh bank sampah PPNS.

Tabel 2.2 Daftar Sampah

Kategori	Jenis
Kertas	Kardus Bagus
	Kardus Jelek
	Koran
	HVS
	Buram
	Majalah
	Sak Semen
	Duplek
Plastik 1	PET Bening Bersih
	PET Biru muda Bersih
	PET Warna Bersih
	PET Kotor
	PET Jelek/Minyak
	PET Galon Le Minerale
Plastik 2&4	Tutup Botol AMDK
	Tutup Galon
	Tutup Campur
Plastik 3	PVC/Paralon/Talang
	Selang

Tabel 2.2 Daftar Sampah (Lanjutan)

Kategori	Jenis
Plastik 5	Gelas Bening Bersih
	Gelas Bening Kotor
	Gelas Sablon
Plastik 6	PS Kaca / Yakult / Akrilik
Plastik 7	Keping CD
	Galon Utuh (Aqua/Club)
Plastik Campur	Bak Hitam
	Bak Campur (Tanpa Keras)
	Plastik Keras
Besi	Besi Tebal
	Paku
	Besi Tipis/Gerabang
	Kaleng
	Seng
Logam	Tembaga
	Kuningan
	Perunggu
	Aluminium
Kaca	Botol Bensin Besar
	Botol Bir Bintang Besar
	Botol Kecap/ Saos Besar
	Botol/ Beling Bening
	Botol/ Beling Warna
	Pecahan Kaca
Plastik Lembar	Plastik Bening
	Kresek / Bubble Wrap
	Sablon Tipis
	Sablon Tebal
	Karung Kecil / Rusak
	Sachet Metalize
	Lembaran Campur
Karung	Karung Uk. 100 Kg
	Karung Uk. 200 Kg
Lainnya	Karak

Tabel 2.2 Daftar Sampah (Lanjutan)

Kategori	Jenis
Lainnya	Jelantah
	Kabel Listrik (Besar)

2.2.2 Kalman Filter

Kalman filter berfungsi untuk mengestimasi data input agar data yang dikeluarkan lebih stabil. Penerapan Kalman Filter dapat diterapkan di berbagai bidang, termasuk penyaringan data untuk mengurangi noise. Cara kerja Kalman Filter adalah dengan mengestimasi data yang masuk berdasarkan data input sebelumnya, menghasilkan grafik data yang menyerupai filter (Maarif, Puriyanto and Hasan, 2020).

Pada filter Kalman, algoritma diawali dengan inisialisasi estimasi awal sistem dan ketidakpastian awal estimasi. Selanjutnya dilakukan tahapan prediksi yang terbagi menjadi 2 macam, yaitu nilai estimasi dan ketidakpastian. Apabila tahapan prediksi telah usai, maka akan dilanjutkan pada bagian pembaharuan yang memuat residual, residual covariance, kalman gain, koreksi nilai estimasi, dan koreksi nilai ketidakpastian (Fiddariani and Sumanto, 2024).

Kalman Filter pada Tugas Akhir ini digunakan untuk mengestimasi data masukan dari sensor loadcell yang terpengaruh noise, sehingga menghasilkan keluaran yang lebih stabil. Prosesnya melibatkan dua persamaan utama yang digunakan untuk memprediksi serta memperbarui nilai estimasi.

Prediksi:

State Predict:

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_k \hat{x}_{k-1|k-1} + B_k u_k \quad (2.1)$$

Covariance Predict:

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k \quad (2.2)$$

Update:

Kalman Gain:

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1} \quad (2.3)$$

State Update:

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k (y_k - H_k \hat{x}_{k|k-1}) \quad (2.4)$$

Covariance Update:

$$P_k = (1 - K_k H_k) P_{k|k-1} \quad (2.5)$$

Dengan \mathbf{x} adalah *variable state*, \mathbf{P} matriks kovarian *state*, \mathbf{F} adalah matriks transisi, \mathbf{u} adalah variabel kontrol *input*, \mathbf{B} adalah matriks kontrol *input*, \mathbf{Q} adalah matriks kovarian *noise* proses, \mathbf{H} matriks pengukuran (*measurement*), \mathbf{y} adalah variabel pengukuran (*measurement*), \mathbf{R} adalah matriks kovarian *noise* pengukuran, \mathbf{K} adalah Kalman *gain*.

Sensor *loadcell* menghasilkan data dalam bentuk satu dimensi (1D), yang menunjukkan bahwa *loadcell* hanya memiliki satu output. Karena data yang dihasilkan berbentuk satu dimensi, perhitungan pemodelannya bersifat numerik dan tidak menggunakan matriks. Berdasarkan rumus utama, diperlukan modifikasi atau penyesuaian pada rumus prediksi dan rumus pembaruan untuk mendapatkan rumus prediksi berikut.

Prediksi:

State Predict:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} = \hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1} \quad (2.6)$$

Covariance State:

$$P_{k|k-1} = P_{k-1|k-1} + Q_k \quad (2.7)$$

Pada rumus prediksi untuk bagian *state predict*, diasumsikan bahwa $\mathbf{F}_k = \mathbf{1}$ karena sinyal pada *loadcell* memiliki matriks transisi yang bersifat konstan. Variabel \mathbf{u}_k diabaikan karena tidak terdapat sinyal kontrol, sehingga $\mathbf{B}_k = \mathbf{0}$ karena tidak diperlukan. Pada rumus *covariance state*, juga diasumsikan bahwa $\mathbf{F}_k = \mathbf{1}$ karena nilainya konstan. Selain itu, variabel \mathbf{Q} bersifat numerik karena sinyal yang digunakan berbentuk satu dimensi.

Pada rumus update juga dilakukan modifikasi menyesuaikan dengan keluaran data sinyal dari *loadcell* yang berbentuk 1 dimensi. Sehingga didapatkan rumus *update* modifikasi sebagai berikut.

Update:

Kalman Gain:

$$\mathbf{K}_k = P_{k|k-1} (P_{k|k-1} + R_k)^{-1} \quad (2.8)$$

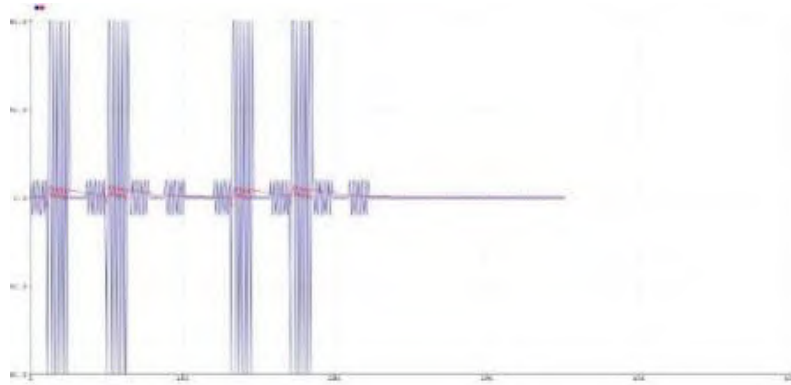
State Update:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k} = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} + \mathbf{K}_k (\mathbf{y}_k - \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}) \quad (2.9)$$

Covariance Update:

$$\mathbf{P}_k = (\mathbf{1} - \mathbf{K}_k)\mathbf{P}_{k|k-1} \quad (2.10)$$

Dimana pada rumus prediksi ini diasumsikan variable $\mathbf{H}_k = \mathbf{1}$ karena gangguan atau noise bersifat normal atau gaussian (Wulandari and Fadlil, 2023). Gambar 2.1 menunjukkan grafik perbandingan noise dan penerapan kalman filter.



Gambar 2.1 Grafik Perbandingan Noise dan Penerapan Kalman filter
(Sumber : Wulandari & Fadlil, 2023)

2.2.3 Pengolahan Citra

Pengolahan citra atau image processing adalah cabang ilmu yang mempelajari cara memperbaiki atau memproses citra agar lebih mudah dipahami oleh manusia atau komputer dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas citra, mengekstraksi informasi penting, atau memodifikasinya sesuai kebutuhan tertentu seperti pengenalan pola, analisis data visual, dan kompresi citra yang melibatkan pengolahan serta analisis citra dengan data masukan dan keluaran yang sama-sama berbentuk citra, serta banyak berkaitan dengan persepsi visual (Syam, Rifka and Aulia, 2021). Beberapa proses pengolahan citra sebagai berikut:

1. Image Restoration (Pemulihan Citra)

Pemulihan citra merupakan proses untuk memperbaiki gambar yang mengalami kerusakan atau penurunan kualitas, dengan tujuan mengembalikannya sedekat mungkin ke kondisi aslinya sebelum terjadi degradasi (Syam, Rifka and Aulia, 2021).

2. Image Enhancement (Peningkatan Citra)

Peningkatan citra adalah proses untuk memperbaiki kualitas gambar, yang biasanya dilakukan pada tahap praproses (preprocessing). Proses ini

bertujuan menonjolkan fitur-fitur tertentu dalam gambar guna mendukung efektivitas pengolahan citra di tahap selanjutnya (Syam, Rifka and Aulia, 2021).

3. Image Representation dan Modelling (Representasi dan Pemodelan Citra)
Tahap ini melibatkan konversi data hasil segmentasi ke dalam bentuk yang lebih sesuai untuk diproses dalam sistem komputasi (Syam, Rifka and Aulia, 2021).

4. Image Compression (Kompresi Citra)

Kompresi citra adalah proses untuk mengurangi jumlah bit yang diperlukan dalam merepresentasikan gambar, sehingga ukuran file menjadi lebih kecil dan proses transfer data berlangsung lebih cepat (Syam, Rifka and Aulia, 2021).

5. Image Segmentation

Segmentasi citra merupakan proses pemisahan gambar menjadi beberapa bagian atau segmen berdasarkan kriteria tertentu. Tujuannya adalah untuk membedakan objek dari latar belakang, yang selanjutnya digunakan dalam proses seperti klasifikasi dan identifikasi (Syam, Rifka and Aulia, 2021).

2.2.4 Warna RGB

RGB merupakan sebuah model warna yang terdiri atas 3 buah warna yaitu, *red* (merah), *green* (hijau), dan *blue* (biru) pada Gambar 2.2. Model warna RGB adalah model warna yang tersusun berdasarkan konsep penambahan kuat cahaya primer yaitu *red*, *green* dan *blue*. Dalam suatu ruang yang sama sekali tidak terdapat cahaya, maka ruangan tersebut adalah gelap total. Sehingga tidak ada gelombang cahaya yang dapat diserap oleh mata atau bisa dikatakan RGB (0, 0, 0). Ketika ditambahkan cahaya berwarna merah pada ruangan tersebut, maka ruangan akan berubah warna menjadi merah, sehingga RGB (255, 0, 0). semua benda dalam ruangan tersebut hanya dapat terlihat berwarna merah. Hal itu juga berlaku apabila ditambahkan warna hijau dan biru pada ruangan. Seperti diketahui bahwa *RGB* atau *Red*, *Green*, *Blue* merupakan sistem pewarnaan untuk digital *appearance* dan banyak sekali digunakan untuk monitor komputer, video, layar ponsel dan lain-lain (Mauladi *et al.*, 2020).

Arsitektur jaringan YOLO, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3, terinspirasi oleh model GoogleNet yang digunakan untuk klasifikasi gambar. Jaringan dalam arsitektur YOLO terdiri dari 24 lapisan konvolusi yang diikuti dengan 2 lapisan fully connected. Berbeda dengan modul awal yang diterapkan pada GoogleNet, YOLO menggunakan lapisan reduksi 1x1 yang diikuti oleh lapisan konvolusi 3x3. Lapisan konvolusi dilatih dengan klasifikasi ImageNet pada resolusi setengah (224x224 gambar input) yang kemudian diubah menjadi resolusi penuh untuk mendeteksi objek (Dwiyanto, Widodo and Kasih, 2022).

Versi YOLO yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah YOLOv5, karena memiliki sistem deteksi yang cepat dan akurasi yang tepat dibandingkan dengan versi YOLO yang sebelumnya dan metode pendeteksian objek yang lainnya. YOLOv5 juga disebut dapat bekerja dengan baik pada CPU maupun GPU sehingga cocok untuk digunakan untuk sistem deteksi objek secara *real-time*.

2.2.6 Confusion Matrix

Confusion matrix adalah struktur data yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi berdasarkan data yang telah diberi label dengan benar (supervised). Melalui tabel yang dihasilkan, berbagai metrik seperti akurasi, presisi, F-Score, dan beberapa variabel lainnya dapat dihitung untuk model klasifikasi, dengan mempertimbangkan kondisi data yang telah diprediksi atau diklasifikasikan (Adi *et al.*, 2024). Tabel *confusion matrix* terbagi menjadi 4 yaitu:

1. *True Positive* (TP), situasi di mana model mengidentifikasi data sebagai positif (*TRUE*) dan jawaban aktualnya juga positif (*TRUE*).
2. *True Negative* (TN), kondisi di mana model mengidentifikasi data sebagai negatif (*FALSE*) dan jawaban aktualnya juga negatif (*FALSE*).
3. *False Positive* (FP), situasi di mana model mengidentifikasi data sebagai positif (*TRUE*) padahal jawaban aktualnya adalah negatif (*FALSE*).
4. *False Negative* (FN), kondisi di mana model mengidentifikasi data sebagai negatif (*FALSE*) padahal jawaban aktualnya adalah positif (*TRUE*).

Evaluasi kinerja sistem berdasarkan data *confusion matrix* dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metrik, seperti akurasi, presisi, *recall*, dan nilai F.

Akurasi menggambarkan sejauh mana sistem berhasil mengklasifikasikan data dengan benar secara keseluruhan, yang dapat dihitung menggunakan rumus 2.11.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (2.11)$$

Presisi menggambarkan rasio antara jumlah data kategori positif yang berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh sistem dan total data yang dikategorikan sebagai positif. Nilai presisi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.12.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.12)$$

Recall adalah metode yang digunakan untuk mengukur jumlah data yang berhasil diklasifikasikan dengan benar sebagai positif oleh sistem. Nilai *recall* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.13)$$

F-Score adalah metode untuk mengukur kombinasi antara presisi dan *recall*. *F-Score* dihitung dengan menggunakan nilai rata-rata harmonis dari presisi dan *recall*. Rumus untuk menghitung *F-Score* dapat ditemukan dalam persamaan 2.14.

$$F-Score = 2 \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (2.14)$$

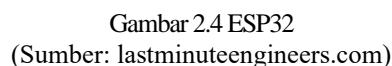
2.3 Hardware yang Digunakan

Pada sub-bab ini, akan diuraikan rencana perangkat keras untuk sistem penghitung harga sampah otomatis. Pembahasan meliputi komponen utama yang mendukung fungsi sistem, yaitu tahap input dengan sensor berat, proses menggunakan mikrokontroler untuk menghitung harga, dan output berupa tampilan hasil. Penjelasan ini memastikan integrasi komponen untuk sistem yang efisien dan akurat.

2.3.1 Mikrokontroler ESP32

Sistem Espressif mengeluarkan mikrokontroler ESP32, yang merupakan penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini memiliki modul WiFi dalam chip, yang sangat membantu dalam pembuatan sistem aplikasi Internet of Things (IoT) (Bayu, Astutik and Irawan, 2021). Pada Tabel 2.3 adalah spesifikasi ESP32 dan Gambar 2.4 adalah mikrokontroler ESP32.

Fitur	Spesifikasi
Mikroprosesor	Dual-core Tensilica LX6, Clock hingga 240 MHz
Memori Flash	4 Mb
RAM	520 KB
Wi-Fi	802.11b/g/n, Modus Station/SoftAP/P2P, Keamanan WPA3
Bluetooth	V4.2, BLE(Bluetooth Low Energi)
Antarmuka	USB 2.0, SD Card Interface
Ukuran	Umumnya hadir dalam paket modul kecil



Sensor yang digunakan untuk mengukur gaya atau berat adalah *load cell*. *Loadcell* bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi yang terjadi ketika beban diterapkan pada elemen sensor (Feryanti *et al.*, 2023). Umumnya, *loadcell* digunakan dalam aplikasi pengukuran berat, timbangan, dan sistem kontrol otomatis. Salah satu transducer yang menggunakan transformasi gaya menjadi sinyal listrik adalah *loadcell*, yang digunakan untuk mengukur beban. Ketika benda berada di atas sensor *loadcell*, maka Prinsip kerja sensor loadcell adalah perubahan tekanan dan resistansi. Elemen pegas dalam loadcell menghasilkan sinyal tegangan,

dan ketika beban melewati sensor, akan menghasilkan sinyal elektrik (Sibuea and Saftaji, 2020). Gambar 2.5 adalah bentuk fisik dari sensor Loadcell.



Gambar 2.5 Sensor *Loadcell*
(Sumber : Sibuea and Saftaji, 2020)

2.3.3 *Summing Box*

Summing box, atau yang dikenal juga sebagai *junction box*, adalah komponen penting dalam sistem pengukuran yang berfungsi untuk mengintegrasikan beberapa *loadcell* menjadi satu keluaran tunggal (Manivasagam & Richard, 2020). Prinsip kerja komponen ini adalah untuk menggabungkan sinyal dari beberapa *loadcell*. Ini berarti setiap input dari masing-masing sensor digabungkan dan dijumlahkan secara kolektif. Proses ini menghasilkan satu keluaran sinyal yang menunjukkan gaya atau total beban yang diamati oleh seluruh *loadcell* yang terhubung.

Summing box sangat penting untuk berbagai aplikasi industri, seperti sistem penimbangan multi-titik di mana beban didistribusikan di berbagai lokasi. Ini karena mereka memastikan bahwa data yang diterima dari berbagai sensor dapat dianalisis secara akurat sebagai satu nilai gabungan, yang memungkinkan pengukuran yang lebih konsisten dan andal dalam aplikasi yang memerlukan beberapa titik pengukuran beban. Perangkat pemroses seperti indikator berat atau sistem kontrol otomatis dapat lebih mudah mengolah hasil pengukuran dengan menggabungkan sinyal ini, yang mengurangi kesalahan dan meningkatkan akurasi pengukuran. Gambar 2.6 menunjukkan bentuk fisik dari *Summing Box*.



Gambar 2. 6 *Summing Box*

2.3.4 *Weigh Amplifier*

Weigh Amplifier adalah perangkat yang berfungsi untuk menguatkan sinyal tegangan yang dihasilkan oleh loadcell, sehingga sinyal yang diperoleh menjadi cukup kuat untuk dibaca dan diproses oleh kontroller. Dalam aplikasi ini, *weigh amplifier* bekerja dengan menerima sinyal dari *summing box*, yang menggabungkan output dari beberapa *loadcell*. Sinyal yang diterima kemudian diperkuat melalui proses peningkatan amplitudo di dalam amplifier, sehingga sinyal menjadi lebih besar dan dapat diolah secara akurat oleh kontroller.

Karena sinyal asli loadcell biasanya sangat kecil dan rentan terhadap gangguan, penggunaan amplifier berat sangat penting untuk sistem pengukuran yang memerlukan presisi tinggi. Amplifier berat memastikan bahwa data yang dikirim ke PLC adalah representasi yang akurat dari beban yang terdeteksi. Amplifier ini sangat penting untuk menjaga integritas data pengukuran karena memungkinkan kontrol sistem otomatisasi yang lebih tepat dan responsif. Akibatnya, keseluruhan proses menjadi lebih efektif dan dapat diandalkan, yang menghasilkan operasi yang lebih konsisten dan stabil. Bentuk fisik amplifier berat dapat diamati pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Weigh Amplifier*

2.3.5 Power Supply

Power supply adalah perangkat keras berbentuk kotak yang berfungsi untuk menyediakan aliran listrik ke perangkat keras lainnya melalui kabel-kabel yang ada di dalamnya. Biasanya, perangkat ini dipasang di bagian belakang atau dalam *casing* komputer. *Power supply* menerima arus listrik bolak-balik (AC) sebagai input dan mengubahnya menjadi arus searah (DC) yang dapat digunakan oleh perangkat lainnya. Kemampuan *power supply* dalam mengelola listrik ditentukan oleh kapasitas daya yang dimilikinya, yang umumnya diukur dalam satuan Watt. *Power supply* berperan sebagai sumber tegangan listrik langsung untuk komponen-komponen yang ada di dalam *casing* komputer atau komponen lainnya, seperti PLC (Margono and Ariyansah, 2023). Bentuk fisik *power supply* dapat diamati pada Gambar 2.8.



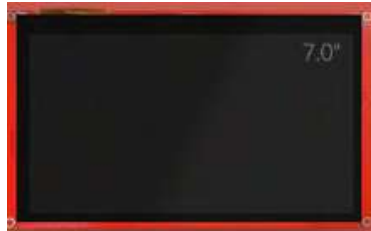
Gambar 2.8 *Power Supply*
(Sumber: Margono and Ariyansah, 2023)

2.3.6 LCD Nextion

Modul (*Liquid Crystal Display*) LCD Nextion merupakan perangkat HMI (*Human Machine Interface*) yang berfungsi sebagai antarmuka untuk mengontrol dan memvisualisasikan interaksi antara manusia dengan proses, mesin, atau aplikasi. Modul ini terdiri dari Thin Film Transistor (TFT), yang dapat berupa layar LCD biasa atau layar sentuh dengan teknologi *Resistive Touchscreen*. LCD Nextion dilengkapi dengan Nextion Editor yang memudahkan perancangan GUI (*Graphical User Interface*), sehingga dapat mengurangi beban kerja.

Untuk melakukan komunikasi dengan perangkat lain, LCD Nextion menggunakan protokol UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*), dengan dua pin serial (Rx dan Tx) serta dua pin untuk suplai daya. Modul ini sering digunakan sebagai indikator atau alat pemantauan untuk sistem yang dirancang. Pemrograman LCD Nextion dilakukan melalui perangkat lunak Nextion Editor

berbasis GUI WYSIWYG (*What You See Is What You Get*), yang dapat diunduh secara gratis melalui situs resminya (Djokorayono *et al.*, 2021). Bentuk fisik LCD Nxtion dapat diamati pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 LCD Nxtion
(Sumber: nextion.tech)

2.3.7 Radio Frequency Identification (RFID)

RFID adalah teknologi identifikasi berbasis gelombang radio yang memungkinkan untuk mengidentifikasi banyak objek sekaligus tanpa kontak langsung (Deri Setiawan, Basuki Rahmat and Wahyu SJ Saputra, 2023). Sensor RFID menggunakan frekuensi radio untuk mengidentifikasi objek. Tabel 2.4 adalah fungsi pin dan Tabel 2.5 adalah spesifikasi pada RFID. Kemudian pada Gambar 2.10 merupakan bentuk fisik dari sensor RFID MFRC22.

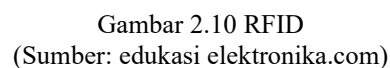
Tabel 2.4 Fungsi Pin Pada RFID

Fitur	Spesifikasi
Pin 3.3V	Jalur tegangan +3.3V
RST	Perintah reset pada RFID reader
GND	Ground sistem RFID
IRQ (interrupt Request)	Jalur interupsi
MISO (Master Input Slave Output)	Mengirim data dari slave ke master
MOSI (Master Output Slave Input)	Untuk mengirim data dari master ke slave
SCK (Serial Clock)	Pengatur clock
SDA	Jalur data dua arah I2C

Tabel 2.5 Spesifikasi RFID

Fitur	Spesifikasi
Current	13-26mA/DC 3,3V
Idle Current	10-13mA/DC 3,3 V
Sleep Current	80 μ A

Fitur	Spesifikasi
Peak Current	30mA
Operating Frequency	13.56 MHz
Data Transfer Rate	Max. 10Mbit/s



Webcam (web-camera) adalah istilah yang digunakan untuk menyebut kamera real-time yang mampu menangkap dan mengakses gambar melalui *World Wide Web*, program *instant messaging*, atau aplikasi video *call*, serta dapat dihubungkan ke laptop atau komputer melalui port USB atau jaringan komputer (Kristiadhy and Gundo, 2022). Dengan menggunakan webcam, komputer mampu menangkap dan mengolah data visual dari citra yang diambil. Bentuk Webcam ditampilkan pada Gambar 2.11.



2.3.9 Modul MP3

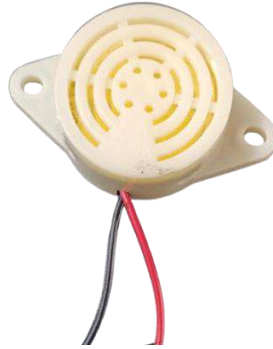
DFPlayer mini memiliki luaran yang disederhanakan langsung ke penguat suara, yang merupakan modul mp3. Modul ini dilengkapi dengan speaker, tombol tekan, dan baterai untuk beroperasi secara mandiri. DFPlayer mendukung berbagai format audio umum seperti MP3, WAV, dan WMA, dan kompatibel dengan kartu TF yang menggunakan sistem file FAT16 dan FAT32. Selain itu, dapat diintegrasikan dengan Arduino UNO atau perangkat lain yang memiliki koneksi Rx/Tx. Dengan port serial yang sederhana, pengguna dapat memutar musik pilihan tanpa perlu menggunakan perintah yang kompleks (BETA and Astuti, 2019). Sepiker adalah alat yang digunakan untuk mengubah gelombang listrik menjadi gelombang getaran yang dapat digunakan untuk menghasilkan suara atau audio. Ini diperlukan untuk penggunaan *DFPlayer*. Bentuk fisik Modul DF Player ditampilkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Modul DF Player
(Sumber: Beta and Astuti, 2019)

2.3.10 Buzzer

Buzzer berfungsi sebagai penghasil suara dengan mengubah sinyal listrik menjadi getaran, sehingga menghasilkan gelombang suara. Getaran yang dihasilkan oleh buzzer mirip dengan getaran yang direkam oleh mikrofon dalam media seperti tape, CD, dan lainnya. Dalam sistem penghasil suara, kualitas suara yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kinerja buzzer. Sistem pada buzzer bekerja dengan membawa sinyal elektronik, menyimpannya dalam media seperti CD, tape, atau DVD, dan kemudian mengubahnya kembali menjadi suara nyata yang dapat didengar (Virgian and Sakti, 2022). Gambar 2.13 merupakan bentuk fisik buzzer.



Gambar 2.13 Buzzer

2.4 *Software yang Digunakan*

Pada sub-bab ini akan dibahas secara mendetail mengenai rencana pengembangan perangkat lunak (software) yang digunakan dalam sistem penimbang sampah otomatis. Perangkat lunak ini dirancang untuk menangani seluruh proses operasional sistem, mulai dari pengumpulan dan pengolahan data hingga penyampaian informasi kepada pengguna.

2.4.1 *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*

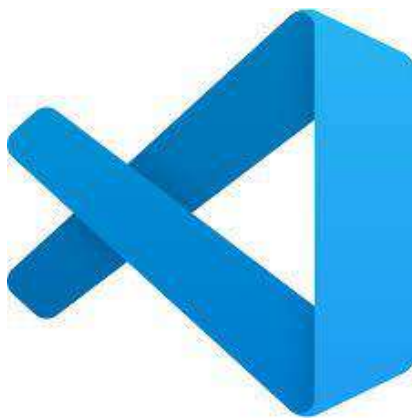
Proses pengembangan dilakukan dengan IDE, atau lingkungan pengembangan terpadu. Perangkat lunak ini memprogram Arduino untuk melakukan tugas yang terintegrasi dalam sintaks pemrograman, yang mengakibatkan penggunaan istilah "lingkungan". Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman yang mirip dengan C, Sketch, yang telah disesuaikan agar lebih mudah dipahami oleh pemula. Selain itu, Arduino IDE memiliki pustaka C/C++ yang disebut sebagai wiring, yang memungkinkan input dan output (Muhammad, 2024). Gambar 2.14 menunjukkan logo Arduino IDE.



Gambar 2.14 Arduino IDE

2.4.2 Visual Studio Code

Sebuah aplikasi yang baik diperlukan untuk menulis kode program. Dalam hal ini, Anda dapat menggunakan Visual Studio Code, yang merupakan program yang sangat ringan tetapi memiliki editor kode sumber yang kuat yang dapat digunakan dari desktop. Memiliki dukungan built-in untuk JavaScript, naskah, dan Node.js, dan memiliki banyak ekstensi yang dapat diakses untuk bahasa lain seperti C ++, C #, Python, dan PHP (Sri Hartati, 2020). Gambar 2.15 menunjukkan logo Visual Studio Code.



Gambar 2.15 Visual Studio Code
(Sumber: code.visualstudio.com)

2.4.3 Node Js

Node.js adalah sebuah sistem yang dapat ditulis dalam sintaks bahasa pemrograman JavaScript dan dimaksudkan untuk mengembangkan aplikasi berbasis web. Keunggulan dari Node.js adalah bahwa itu dapat berjalan di berbagai sistem operasi seperti Windows, Mac OS X, dan Linux tanpa perlu mengubah kode program. Node.js juga memiliki pustaka server HTTP sendiri, yang memungkinkan untuk menjalankan server web tanpa bergantung pada program server web lain (Martua and Toba, 2024).

Menurut pandangan (Leonardo Rebouça, 2019), Node.js menggunakan bahasa JavaScript untuk diolah di sisi server, yang sebelumnya lebih dikonsolidasikan dalam pemrosesan di sisi klien. Hal ini memungkinkan program untuk menambahkan berbagai pengembang web ke basis pengguna potensial tanpa perlu mengatasi kurva pembelajaran baru, seperti yang terjadi pada pemrograman

konvensional. Selain itu, JavaScript memiliki komunitas pendukung yang kuat, menyediakan sejumlah besar repositori yang dapat digunakan kembali melalui manajer pakatnya sendiri, yaitu NPM (Node Package Manager). Gambar 2.16 menunjukkan logo Node Js.



Gambar 2.16 Node.Js
(Sumber: Ubunlog.com)

2.4.4 Google Colaboratory

Google Colaboratory, atau Colab, adalah platform berbasis cloud gratis dari Google yang memungkinkan pengguna menulis dan menjalankan kode Python dalam Jupyter Notebook tanpa instalasi tambahan. Keunggulan utamanya adalah akses ke GPU dan TPU Google untuk proyek machine learning dan deep learning yang membutuhkan daya komputasi tinggi. Colab juga mendukung kolaborasi tim melalui fitur berbagi notebook secara online dengan akses real-time, serta terintegrasi dengan Google Drive untuk memudahkan penyimpanan dan pengelolaan notebook (Hartati *et al.*, 2024). Gambar 2.17 menunjukkan logo Google Colaboratory.



Gambar 2.17 Google Colaboratory
(Sumber: colab.research.google.com)

2.4.5 OpenCV

OpenCV (Open-Source Computer Vision) adalah sebuah perpustakaan perangkat lunak sumber terbuka yang digunakan untuk computer vision dan machine learning. Tujuan utama pengembangan OpenCV adalah untuk memberikan infrastruktur yang umum digunakan dalam aplikasi computer vision serta untuk menyediakan kemampuan persepsi mesin (machine perception) dalam produk-produk komersial. Lisensi yang dimiliki oleh OpenCV adalah BSD (Berkeley Software Distribution), sehingga memudahkan pengguna dalam dunia bisnis untuk menggunakan dan mengubah kode yang ada. OpenCV memiliki lebih dari 2500 algoritma yang telah dioptimalkan, yang meliputi berbagai algoritma dalam bidang computer vision dan machine learning, baik yang klasik maupun yang canggih. Algoritma-algoritma ini bermanfaat untuk berbagai tujuan, seperti deteksi dan pengenalan wajah, identifikasi objek, klasifikasi tindakan manusia dalam video, pelacakan pergerakan kamera, deteksi objek bergerak, dan beragam fungsi lainnya (Susim and Darujati, 2021). Gambar 2.18 menunjukkan logo OpenCV.

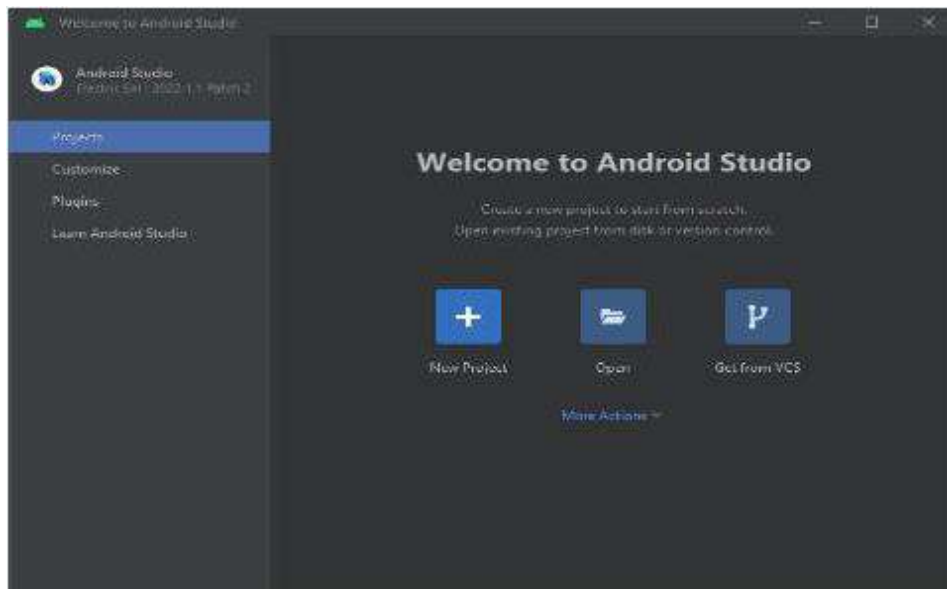


Gambar 2.18 Logo OpenCV
(Sumber: opencv.org)

2.4.6 Android Studio

Android Studio adalah lingkungan pengembangan terpadu (Integrated Development Environment/IDE) yang digunakan khusus untuk membuat aplikasi untuk sistem operasi Android. Dikembangkan oleh Google, Android Studio menawarkan seperangkat alat, editor kode, emulator perangkat, dan fitur debugging yang dapat membantu para pengembang dalam membuat aplikasi Android secara efisien. IDE ini mendukung penggunaan bahasa pemrograman seperti Java, Kotlin, dan C++, dan memungkinkan para pengembang untuk merancang, menguji, dan

men-debug aplikasi mobile mereka sebelum dirilis ke platform Android (Taruna, Fauzi and Aruan, 2021). Gambar 2.19 menunjukkan logo Android Studio.



Gambar 2.19 Tampilan Halaman Android Studio

2.4.7 Java

Java merupakan bahasa pemrograman yang telah lama digunakan dalam pengembangan aplikasi Android dan masih menjadi salah satu pilihan utama hingga saat ini. Penggunaan Java dalam pengembangan aplikasi ini didasarkan pada beberapa pertimbangan penting. Pertama, Java memiliki dokumentasi yang sangat luas dan komunitas pengguna yang besar, sehingga memudahkan proses belajar dan pemecahan masalah selama pengembangan. Kedua, Java mendukung berbagai fitur penting dalam Android Studio seperti debugging, emulasi perangkat, dan integrasi alat bantu lainnya, yang mempercepat proses pengembangan dan pengujian aplikasi. Ketiga, meskipun Google saat ini merekomendasikan Kotlin, Java tetap mendapatkan dukungan resmi dan kompatibel dengan seluruh fitur Android SDK. Selain itu, banyak pustaka dan framework Android yang masih ditulis dalam Java, menjadikannya pilihan yang stabil dan andal. Dengan menggunakan Java, pengembangan aplikasi monitoring kebakaran dapat dilakukan secara efisien, sambil tetap menjaga stabilitas dan kompatibilitas dengan berbagai perangkat Android (Rajagukguk *et al.*, 2025). Gambar 2.20 menunjukkan logo Java.



Gambar 2.20 Logo Java
(Sumber: Putra, 2024)

2.4.8 MySQL

MySQL adalah sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang bersifat *open-source* dan menggunakan *Structured Query Language* (SQL) untuk mengelola, mengakses, serta memanipulasi data. MySQL sangat populer, terutama untuk aplikasi berbasis web, dan menjadi salah satu sistem basis data yang paling banyak digunakan di dunia, khususnya dalam pengembangan aplikasi yang mengandalkan teknologi web seperti PHP dan Apache. Keunggulan MySQL, ditambah dengan kenyataan bahwa ia dapat digunakan secara gratis, menjadikannya pilihan utama di kalangan programmer.

Menurut Fujiama Diapoldo Silalahi, MySQL pertama kali dikembangkan pada pertengahan 1990-an dan kini telah terinstal lebih dari 10 juta kali. MySQL saat ini adalah sistem manajemen *database* yang paling banyak digunakan pada server web. Perangkat lunak MySQL terdiri dari server MySQL itu sendiri, sejumlah program utilitas yang mempermudah administrasi *database*, serta beberapa perangkat lunak pendukung yang dibutuhkan oleh server MySQL, meskipun detailnya tidak perlu dipahami secara mendalam oleh pengguna biasa (Mandiri et al., 2024). Gambar 2.21 menunjukkan logo MySQL.



Gambar 2.21 Logo MySQL
Sumber: (www.google.com/mysql)

2.4.9 XAMPP

XAMPP adalah paket perangkat lunak yang menyediakan lingkungan server lokal, yang memungkinkan pengembangan dan pengujian aplikasi web di komputer pribadi tanpa harus mengunggah ke server online. XAMPP, yang merupakan akronim dari Cross-Platform, Apache, MySQL, PHP, dan Perl, sangat berguna bagi pengembang PHP. Dengan XAMPP, instalasi dan konfigurasi PHP, Apache, dan MySQL menjadi sederhana, mendukung berbagai ekstensi dan modul PHP yang diperlukan. Selain itu, alat seperti phpMyAdmin memudahkan pengelolaan basis data MySQL (Anggraini *et al.*, 2020). Kemudahan penggunaan dan fitur yang lengkap menjadikan XAMPP sangat cocok untuk penelitian mahasiswa yang membutuhkan platform pengembangan web yang efisien dan praktis. Gambar 2.22 menunjukkan logo XAMPP.



Gambar 2.22 Logo XAMPP
(Sumber: apachefriends.org)

2.4.10 Python

Python, yang dikembangkan oleh Guido Van Rossum dan pertama kali dirilis pada tahun 1991, saat ini menjadi salah satu bahasa pemrograman paling populer. Python memiliki banyak fungsi, termasuk penerapannya dalam Machine Learning dan Deep Learning. Bahasa ini dipilih untuk penelitian karena sintaksnya mudah dipahami, dilengkapi dengan berbagai pustaka yang komprehensif, dan didukung oleh komunitas yang besar dan aktif, berkat sifatnya yang open source (Alfarizi *et al.*, 2023). Gambar 2.23 menunjukkan logo Python.



Gambar 2.23 Logo Python
(Sumber: www.python.org)

2.4.11 PHP

PHP, juga dikenal sebagai *PHP Hypertext Preprocessor*, adalah bahasa pemrograman sisi server yang digunakan untuk membuat situs web. Bisa disematkan langsung ke dokumen HTML. PHP bersifat open source dan tidak memerlukan kompilasi untuk digunakan. Bahasa ini kompatibel dengan berbagai server web, seperti Apache, IIS, Nginx, Xitami, dan Lighttpd, dengan konfigurasi yang cukup sederhana. PHP dapat berjalan di berbagai sistem operasi, seperti Linux, Unix, macOS, dan Windows. Selain itu, PHP dapat dijalankan secara langsung melalui konsol dan dapat mengeksekusi perintah sistem, menjadikannya fleksibel untuk berbagai aplikasi pengembangan web (Sahi, 2020). Gambar 2.24 menunjukkan logo PHP.



Gambar 2.24 Logo PHP
(Sumber: php.net)

2.4.12 MATLAB

MATLAB, singkatan dari *Matrix Laboratory*, adalah perangkat lunak yang dimaksudkan untuk analisis, pemrograman, dan komputasi matematis dan teknis berbasis matriks. MATLAB, yang pertama kali dirilis oleh Cleve Moler pada tahun 1970, awalnya digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan persamaan aljabar linear. Sistem MATLAB terus mengembangkan fungsi dan kinerja komputasi (Febrianti and Harahap, 2021). Gambar 2.25 menunjukkan logo MATLAB.



Gambar 2.25 Logo Software MATLAB

Matlab adalah aplikasi yang sangat membantu untuk menyelesaikan tugas-tugas pengolahan aljabar linier dan perhitungan matematis lainnya. Berbagai fungsi bawaannya memudahkan pengerjaan tugas-tugas kompleks dalam pengolahan angka, terutama perhitungan numerik berbasis matriks. (Fatwa *et al.*, 2022).

2.4.13 Nextion Editor

Nextion Editor adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang antarmuka pengguna (*User Interface/UI*) pada layar HMI Nextion. Proses perancangan ini melibatkan dua tahap utama. Tahap pertama adalah mendesain tampilan dasar dengan elemen visual menarik menggunakan situs *canva.com*. Setelah desain selesai, gambar yang telah diunduh perlu diubah ukuran pikselnya agar sesuai dengan resolusi layar HMI yang digunakan. Tahap kedua dilakukan melalui Nextion Editor, di mana logika dan tombol kontrol ditambahkan sesuai dengan instruksi yang dirancang. Setelah desain selesai, proyek kemudian ditransfer ke layar HMI. Dalam proses ini, digunakan *Card Reader* dengan memori berkapasitas 4 GB untuk menyimpan hasil desain. Untuk membaca desain tersebut, kartu memori harus dimasukkan ke slot memori di bagian belakang layar HMI. Pastikan layar HMI Nextion dalam kondisi menyala saat proses pengunggahan desain berlangsung (Santoso *et al.*, 2024). Gambar 2.26 menunjukkan tampilan software Nextion Editor.



Gambar 2.26 Tampilan Halaman Nextion Editor

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

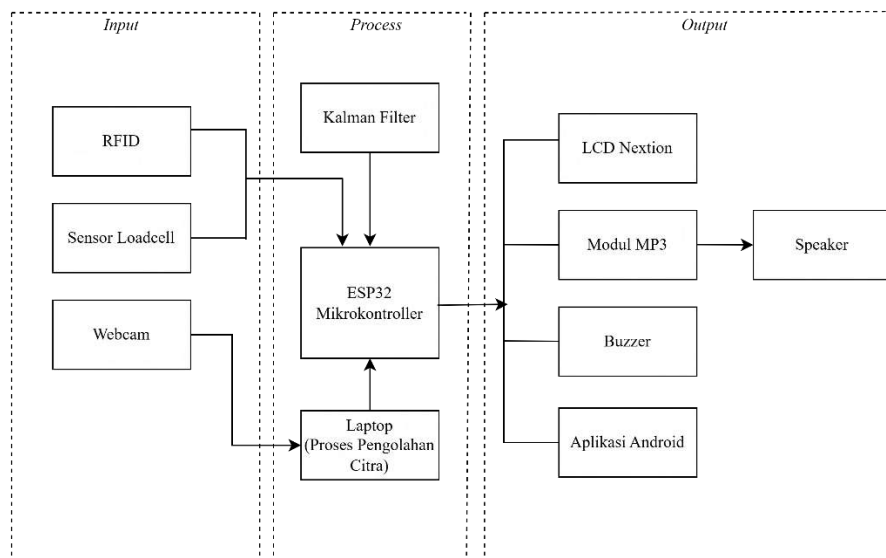
BAB 3

METODE PENELITIAN

Bab ini berisi analisis akhir dari informasi yang penulis teliti. Pembahasan tentang karakteristik pemilihan sistem, *hardware*, *software*, analisis, dan perancangan masalah akan disajikan pada bab-bab ini. Pemaparan proses penelitian akan dilakukan secara berurutan.

3.1 Konsep Penelitian

Bagian ini membahas konsep yang mendasari penelitian yang akan dilakukan. Konsep ini menjadi acuan utama dalam merancang dan mengembangkan sistem yang direncanakan. Dengan memberikan gambaran umum tentang sistem yang akan dikembangkan, penelitian ini diharapkan memiliki dasar yang kokoh. Penjelasan konsep tersebut disajikan dalam bentuk diagram blok untuk mempermudah pemahaman. Rancangan diagram blok sistem, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.1, dirancang untuk membantu pembaca memahami konsep dasar sistem yang dikembangkan, sehingga penelitian ini memiliki kerangka kerja yang jelas dan kuat.



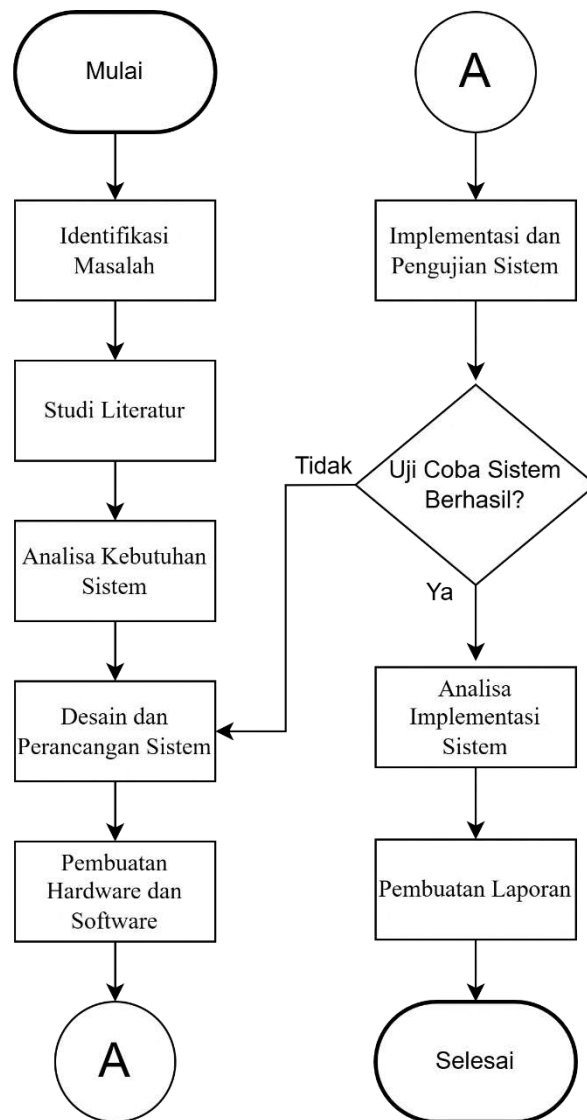
Gambar 3.1 Rancangan Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 3.1, terlihat alur perancangan sistem yang menggabungkan berbagai perangkat untuk mengolah dan mengontrol data. Sistem ini dirancang untuk mengelola data dari berbagai perangkat input, memprosesnya, dan menghasilkan output yang informatif bagi pengguna. Proses dimulai dari bagian input yang terdiri dari RFID, sensor loadcell, dan webcam. RFID digunakan untuk mengidentifikasi pengguna, sedangkan sensor loadcell berfungsi mengukur berat dari sampah yang ditimbang. Webcam digunakan untuk mengambil gambar yang selanjutnya akan diproses untuk analisis lebih lanjut. Data dari perangkat input ini kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat kendali sistem. Untuk meningkatkan akurasi data, khususnya dari sensor loadcell, digunakan Kalman Filter yang berfungsi mengurangi noise atau gangguan pada data pengukuran. Sementara itu, gambar dari webcam dikirim ke laptop untuk dilakukan pemrosesan citra, seperti mendeteksi kategori sampah menggunakan teknologi deteksi objek seperti YOLO.

Setelah data berhasil diproses, hasilnya dikirim ke berbagai perangkat output untuk disampaikan kepada pengguna. Informasi visual ditampilkan melalui LCD Nextion, sementara notifikasi suara dihasilkan menggunakan modul MP3 yang terhubung ke speaker. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan buzzer untuk memberikan peringatan sederhana berupa bunyi. Agar lebih fleksibel, hasil pemrosesan juga dapat diakses melalui aplikasi Android, memungkinkan pengguna memantau dari perangkat seluler mereka. Secara keseluruhan, sistem ini bekerja secara terintegrasi, mulai dari pengumpulan data, pemrosesan untuk menghasilkan informasi yang akurat, hingga penyampaian hasil kepada pengguna.

3.2 Tahapan Penelitian

Pada bab ini dijelaskan mengenai tahapan - tahapan yang akan dikerjakan dalam penelitian. Dalam menyelesaikan sistem pada penyusunan penelitian terdapat beberapa tahapan pengerjaan. Penelitian ini melibatkan perancangan dan pengujian langsung menggunakan *prototype*, sehingga sesuai dengan karakteristik penelitian. Metodologi yang diterapkan pada pengerjaan penelitian ini disusun dalam diagram blok pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Tahapan Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menganalisis dan memahami kendala yang terjadi pada Bank Sampah PPNS. Berdasarkan analisis, ditemukan bahwa sistem penginputan data masih dilakukan secara manual, yang dinilai kurang efisien dan tidak sesuai dengan perkembangan era digital saat ini. Di tengah upaya digitalisasi yang semakin pesat, penggunaan metode manual dapat menjadi hambatan dalam meningkatkan produktivitas dan akurasi pengelolaan data. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, peneliti mengusulkan sebuah solusi melalui penelitian berjudul “Implementasi Penghitung Harga Sampah Otomatis Dengan

Identifikasi Jenis Sampah Menggunakan Pengolahan Citra di Bank Sampah PPNS.” Sistem ini diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan pengelolaan data di bank sampah dengan mengintegrasikan teknologi digital, sehingga proses penginputan data menjadi lebih efisien, otomatis, dan selaras dengan kemajuan teknologi modern.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendalami berbagai teori yang akan menjadi dasar dalam perancangan dan pembuatan alat. Selain itu, studi ini juga bertujuan untuk memahami komponen-komponen serta sistem kelistrikan yang digunakan dalam proses pembuatan alat. Sumber informasi untuk studi literatur diperoleh dari berbagai referensi, seperti buku, jurnal, esai, artikel, internet, hingga hasil survei.

3.2.3 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis persyaratan sistem merupakan tahap di mana dilakukan identifikasi dan evaluasi terhadap berbagai komponen yang diperlukan untuk merancang prototipe ini. Tabel 3.1 menampilkan kebutuhan sistem.

Tabel 3.1 Kebutuhan Sistem

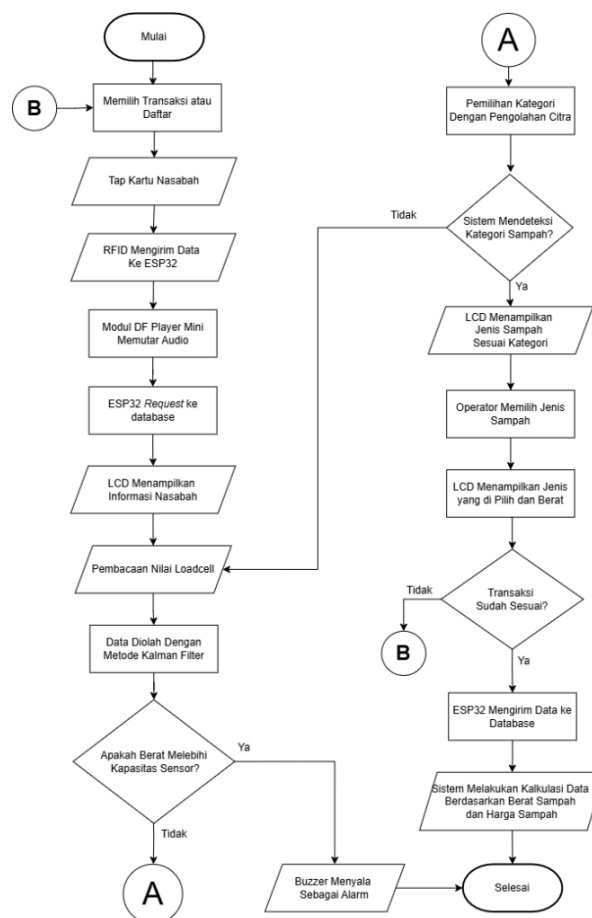
No	Hardware	Software
1	ESP32	Visual Studio Code
2	Sensor <i>Loadcell</i>	MySQL
3	Sensor RFID	Python
4	Webcam	Arduino IDE
5	<i>Summing Box</i>	Nextion Editor
7	<i>Weighing Amplifier</i>	Android Studio
8	LCD Monitor Nextion 7”	Google Colaboratory
9	Modul DF Player	
10	Speaker	
11	Buzzer	
12	<i>Power Supply 5 Volt DC</i>	

3.2.4 Rancangan Alur Kerja Sistem

Diagram ini dirancang sedemikian rupa untuk memberikan gambaran yang jelas dan mudah dipahami oleh pembaca. Tujuannya adalah agar setiap alur mekanisme kerja sistem dapat diikuti dengan baik. Dengan pendekatan yang lebih sederhana namun tetap informatif, diagram ini diharapkan mampu menjelaskan

proses kerja sistem secara menyeluruh, sehingga pembaca tidak merasa kesulitan dalam memahami setiap tahapan yang ada. Visualisasi ini juga dirancang untuk menonjolkan aspek-aspek penting dalam proses kerja, sehingga pembaca dapat menangkap inti dari cara kerja sistem tanpa merasa terbebani oleh detail yang kompleks. Hal ini penting agar diagram dapat berfungsi sebagai alat bantu yang efektif dalam memahami sistem secara keseluruhan.

Diagram yang dimaksud disajikan pada Gambar 3.3. Setelah diagram tersebut, akan disediakan penjelasan lebih rinci untuk membantu pembaca memahami bagaimana setiap bagian dari sistem ini bekerja. Penempatan diagram di awal bertujuan agar pembaca dapat terlebih dahulu melihat gambaran proses secara keseluruhan, sebelum melanjutkan ke bagian penjelasan yang memberikan detail lebih lengkap. Dengan cara ini, pembaca diharapkan dapat mengikuti alur informasi dengan lebih mudah dan jelas.



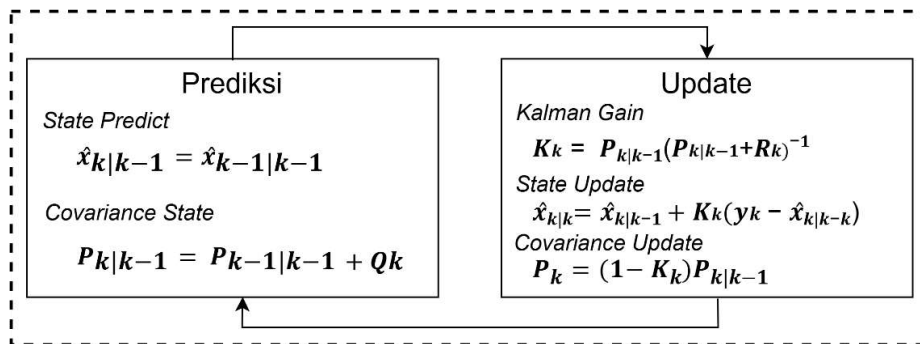
Gambar 3.3 Rancangan *Flowchart* Sistem

Pada Gambar 3.3 sistem pengelolaan sampah ini dimulai dengan pengguna mengakses sistem dan dihadapkan pada dua pilihan utama, yaitu melakukan transaksi atau pendaftaran nasabah baru. Kemudian pengguna melakukan tap kartu RFID pada perangkat. Setelah itu, modul RFID mengirimkan data ke ESP32, yang kemudian memutar suara melalui modul DF Player Mini sebagai bentuk respon awal. ESP32 juga mengirimkan permintaan data ke *database* untuk menampilkan informasi nasabah di layar LCD. Selanjutnya, nasabah memasukkan sampah yang akan ditimbang oleh sensor *loadcell*, dan data berat sampah diproses menggunakan metode Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi pembacaan. Sistem kemudian memeriksa apakah berat sampah yang dimasukkan melebihi kapasitas sensor. Jika berat sampah terlalu besar, proses akan diulang dan buzzer akan menyala sebagai alarm peringatan.

Pada tahap berikutnya, dilakukan deteksi citra untuk menentukan kategori sampah yang sesuai, jika tidak terdeteksi proses akan kembali ke pembacaan nilai sensor *loadcell*. Jika kategori sampah terdeteksi, selanjutnya jenis sampah akan tampil di LCD dan operator akan memilih jenis yang sesuai. Setelah itu, LCD akan menampilkan informasi jenis sampah beserta beratnya. Sebelum melanjutkan transaksi, sistem akan menanyakan kepada operator atau pengguna apakah data yang ditampilkan sudah sesuai. Jika belum, pengguna bisa kembali ke langkah sebelumnya. Jika sudah sesuai, maka ESP32 akan mengirim data akhir ke *database*, dan sistem akan melakukan perhitungan total berdasarkan jenis dan berat sampah, serta menghitung nilai rupiah dari sampah yang disetorkan. Setelah seluruh proses selesai, sistem akan menutup transaksi dan siap digunakan untuk transaksi berikutnya.

3.2.5 Metode Kalman Filter

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kalman filter, yang berperan sebagai filter untuk mengolah dan mengestimasi data output berdasarkan pengolahan data input serta output sebelumnya. Pada penelitian ini, Kalman filter diterapkan untuk mengurangi noise pada load cell dengan melakukan estimasi melalui dua tahap, yaitu prediksi data dan pembaruan data. Kedua tahap tersebut akan memproses data secara berulang sehingga dapat menghasilkan estimasi data untuk periode mendatang. Tahapan Kalman filter seperti Gambar 3.4.

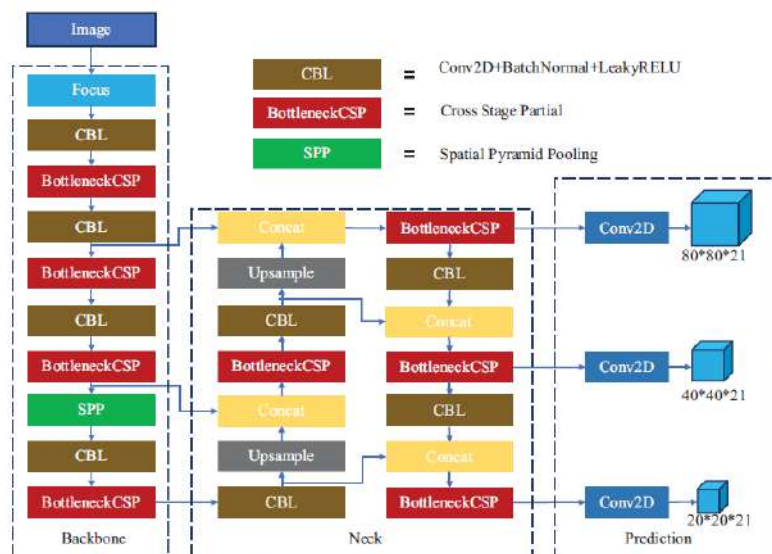


Gambar 3.4 Kalman Filter

3.2.6 Metode YOLOv5 (You Only Look Once)

Pada tahap ini, arsitektur dari setiap model deteksi yang akan digunakan telah ditentukan. Pembahasan mencakup perbandingan antara berbagai model deteksi yang tersedia dengan model deteksi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini. Untuk model deteksi, dipilih YOLO versi kelima dengan tipe "S" (YOLOv5-S). Dalam menentukan arsitektur model deteksi, dilakukan analisis mendalam terhadap kelebihan dan kekurangan berbagai model deteksi objek yang ada, seperti Faster R-CNN, SSD (Single Shot MultiBox Detector), dan RetinaNet. Model YOLOv5-S dipilih karena keunggulannya dalam hal kecepatan dan akurasi. YOLOv5-S, yang merupakan versi terkecil dan tercepat dari keluarga YOLOv5, dirancang untuk memberikan keseimbangan optimal antara performa deteksi dan efisiensi komputasi, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi real-time. YOLOv5-S menggunakan pendekatan one-stage detection, yang berarti proses deteksi objek dilakukan dalam satu tahap, berbeda dengan model two-stage seperti Faster R-CNN yang memisahkan proses pencarian kandidat objek dan klasifikasinya. Pendekatan ini memungkinkan YOLOv5-S untuk melakukan deteksi dengan kecepatan yang lebih tinggi tanpa mengorbankan akurasi secara signifikan. Selain itu, arsitektur YOLOv5-S yang modular dan efisien memungkinkan untuk diterapkan pada perangkat dengan sumber daya terbatas, seperti mikrokontroler dan embedded systems, yang merupakan bagian penting dari sistem deteksi dalam penelitian ini. Kemampuan YOLOv5-S untuk bekerja dengan baik dalam kondisi pencahayaan yang bervariasi dan menangani berbagai ukuran objek juga menjadi faktor penentu dalam pemilihannya.

Dengan demikian, desain arsitektur model deteksi yang dipilih tidak hanya mempertimbangkan aspek kinerja teknis, tetapi juga sejauh mana model tersebut sesuai dengan kebutuhan operasional serta keterbatasan perangkat keras yang akan digunakan. Pendekatan menyeluruh ini menjamin bahwa model deteksi yang terpilih akan memberikan hasil terbaik dalam penerapan praktis. Gambar 3.5 ditampilkan arsitektur YOLOv5.



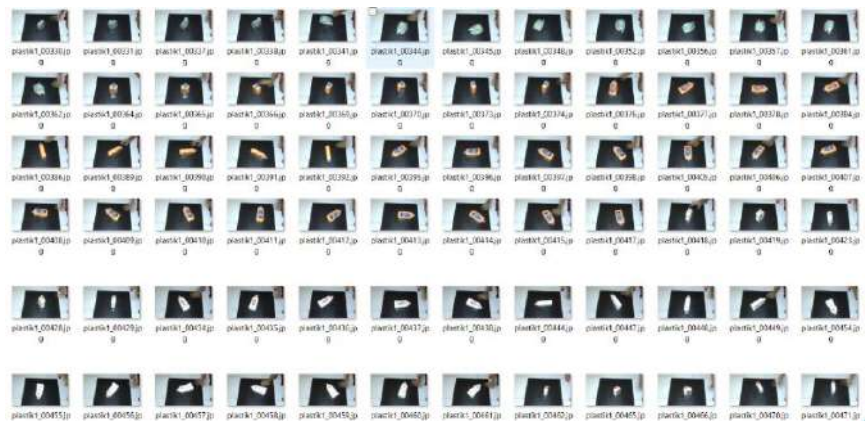
Gambar 3.5 Arsitektur YOLOv5
(Sumber: Zhou, Zhao and Nie, 2021)

3.2.7 Perencanaan Implementasi Metode YOLOv5

Untuk melakukan perencanaan pengujian metode YOLO (*You Only Look Once*), terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan, yaitu pengumpulan dataset, pelabelan dataset, anotasi model, pelatihan model, evaluasi hasil pelatihan, dan implementasi model.

a. Pengumpulan Dataset

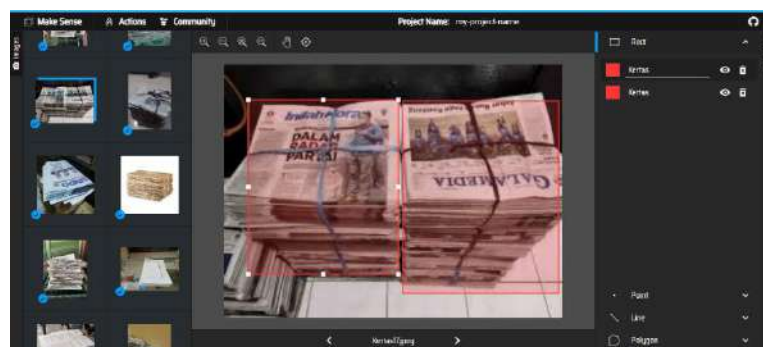
Pada tahap pertama adalah melakukan pengambilan dataset dari masing-masing kategori sampah. Pengambilan gambar dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti pencahayaan yang bervariasi, sudut pandang yang berbeda, dan latar belakang yang beragam, sehingga model yang dikembangkan dapat lebih adaptif terhadap kondisi yang berbeda. Pada Gambar 3.6 adalah hasil dari pengambilan dataset.



Gambar 3.6 Pengambilan Dataset

b. Anotasi Model

Tahap kedua yaitu proses anotasi model, dimana proses ini bertujuan untuk menandai dan memberikan label pada objek deteksi. Pada penelitian ini anotasi dilakukan untuk memberikan penandaan pada jenis sampah sesuai dengan kategori sampah. Dalam melakukan anotasi, peneliti menggunakan bantuan *platform Make Sense* yang mempermudah proses penandaan dan pelabelan dataset. Pada Gambar 3.7 adalah proses anotasi menggunakan platform Makesense.



Gambar 3.7 Proses Anotasi Dataset di Platform Makesense

c. Pelatihan Model

Tahap ini bertujuan untuk melatih model agar dapat mendeteksi objek berdasarkan hasil anotasi yang telah dibuat, dengan menggunakan *Google Colab* sebagai media untuk proses pelatihan. Dalam tahap ini, model dilatih agar mampu mengenali objek secara akurat berdasarkan anotasi yang telah dibuat, sehingga dapat meningkatkan kemampuan deteksi objek secara efektif.

d. Evaluasi Hasil Pelatihan

Langkah berikutnya adalah melakukan evaluasi terhadap hasil pelatihan model yang telah selesai. Evaluasi ini bertujuan untuk menguji kemampuan model dalam memprediksi menggunakan dataset training secara bergantian. Jika hasil evaluasi menunjukkan prediksi yang sesuai maka model akan diterapkan pada sistem yang telah dirancang. Sebaliknya, jika hasil prediksi belum optimal maka pelatihan model akan diulang dengan memperbaiki atau menyesuaikan parameter agar prediksi yang dihasilkan lebih optimal. Evaluasi ini dilakukan dengan menggunakan Confusion Matrix, yang telah dijelaskan pada bab 2, sebagai alat untuk menganalisis performa model dalam mengklasifikasikan objek dengan benar.

e. Hasil Model Pelatihan

Pada pelatihan menggunakan *Google Colab* selama proses *training*, model terus belajar mengenali objek berdasarkan dataset yang diberikan hingga menghasilkan file bernama “best.pt” yang berisi hasil pelatihan terbaik dari model YOLOv5.

3.2.7.1 Implementasi Hasil Model Pelatihan

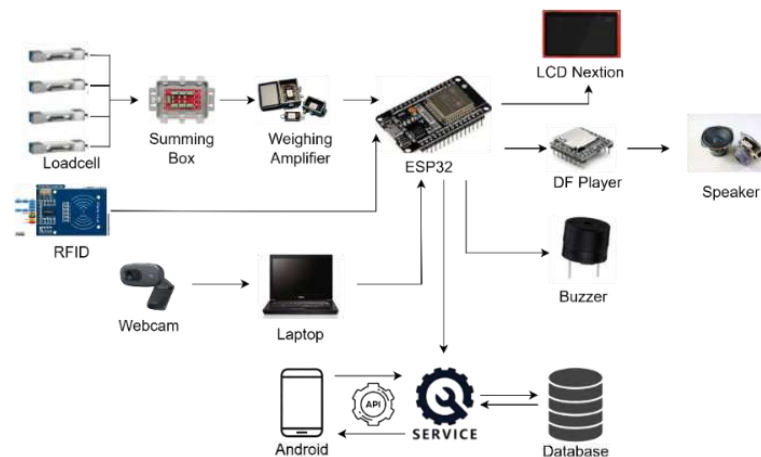
Setelah melatih model YOLOv5 di *Google Colab* dan memperoleh file “best.pt”, langkah berikutnya adalah mengimplementasikan model yang telah dilatih untuk mendeteksi objek produk secara *real-time*. Implementasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan kamera (*webcam*) atau perangkat lain untuk menangkap gambar secara langsung.

3.3 Perencanaan dan Desain

Bagian ini menjelaskan penerapan dan rancangan alat penimbang sampah otomatis di Bank Sampah PPNS berbasis website. Pembahasan meliputi keseluruhan sistem, mulai dari komponen perangkat keras seperti sensor dan mikrokontroler, hingga perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data dan menampilkannya melalui antarmuka website. Tujuannya adalah menciptakan sistem yang terintegrasi dan efisien dalam mendukung proses penimbangan serta pencatatan sampah secara otomatis dan real-time.

3.3.1 Perencanaan *Hardware*

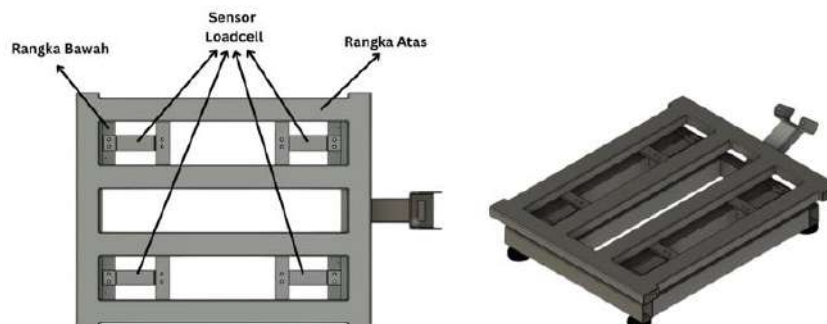
Sistem ini menggunakan beberapa komponen hardware untuk mendukung kinerjanya. Tujuan penggunaan hardware adalah agar sistem dapat berfungsi dengan optimal. Rancangan dari perangkat keras yang digunakan ditampilkan pada Gambar 3.8 sebagai bagian dari penjelasan desain keseluruhan sistem.



Gambar 3.8 Perancangan Hardware

3.3.2 Perencanaan Desain Timbangan

Perencanaan desain timbangan merupakan tahap penting dalam pengembangan sistem penimbangan sampah otomatis. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat dapat bekerja dengan baik sesuai kebutuhan. Desain timbangan mencakup struktur fisik, komponen utama, serta cara kerja alat secara keseluruhan. Perancangan yang matang akan membantu dalam proses integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak. Gambaran visual dari rancangan timbangan tersebut dapat dilihat secara lebih jelas pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rancangan Desain Timbangan

3.3.3 Perencanaan Mekanik

Pada tahap ini dilakukan tahapan perancangan desain *prototype* dari sistem yang akan dibuat sebagai indikasi dan gambaran umum terkait rekonstruksi alat terhadap jalannya sistem yang ditunjukkan oleh Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Perancangan Mekanik

3.3.4 Perencanaan Software

Pada proses perancangan *Software* atau perangkat lunak, aplikasi dirancang untuk menampilkan beberapa elemen, seperti tampilan pada laman admin dan nasabah, diagram use case, serta protokol arsitektur *interface*.

3.3.5 Perencanaan Desain Interface



Gambar 3.11 Perencanaan Tampilan Awal Aplikasi Android

Tampilan di Gambar 3.11 menunjukkan halaman login untuk aplikasi "Bank Sampah" milik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Di layar ini, pengguna diminta untuk memasukkan alamat email dan kata sandi mereka untuk masuk ke aplikasi. Di bagian atas, ada logo "Bank Sampah" yang menunjukkan identitas lembaga. Pengguna cukup mengetikkan email dan kata sandi mereka di kolom yang tersedia, lalu menekan tombol "MASUK" untuk melanjutkan. Jika lupa kata sandi, tersedia link "Lupa Kata Sandi?" yang dapat digunakan untuk memulihkan akun.



Gambar 3.12 Perencanaan Tampilan Halaman Admin

Halaman utama aplikasi "Bank Sampah" pada Gambar 3.12 ini dirancang untuk memudahkan admin dalam mengelola berbagai fitur yang ada. Di bagian atas layar, terdapat informasi saldo yang menunjukkan jumlah uang yang tersedia. Jika admin ingin melihat riwayat transaksi, mereka dapat mengetuk opsi "*Tap for history*" yang tersedia di bawah saldo. Di bawahnya, terdapat beberapa tombol utama yang memungkinkan admin untuk mengakses berbagai fungsi dengan mudah. Ada menu Kategori Sampah untuk mengelola kategori sampah yang ada, Daftar Nasabah untuk melihat semua nasabah yang terdaftar, ada Tambah Nasabah yang memudahkan admin menambahkan nasabah baru, dan terdapat menu Laporan yang menyediakan akses ke berbagai laporan terkait transaksi dan data lainnya. Selain itu Transaksi untuk memantau dan melakukan transaksi yang diperlukan. Desain aplikasi ini sangat sederhana namun efektif, memungkinkan admin untuk

dengan cepat menavigasi dan melakukan tugasnya tanpa kebingungan. Serta Manual Input untuk memudahkan jika sistem terdapat kendala.



Gambar 3.13 Perencanaan Tampilan Halaman Nasabah

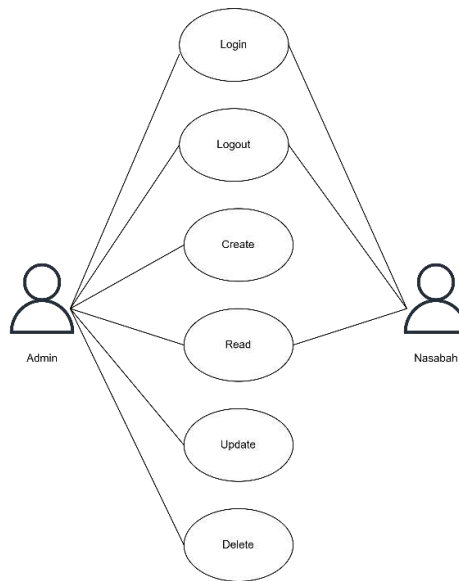
Pada Gambar 3.13 tampilan ini menunjukkan halaman "Daftar Harga Sampah" yang ditujukan untuk nasabah. Di bagian atas, tertera informasi saldo yang dimiliki oleh nasabah, dengan opsi untuk melihat riwayat transaksi melalui "*Tap for history*". Di bawahnya, terdapat tabel yang memuat daftar harga sampah yang dapat ditukar atau diolah di bank sampah. Setiap baris tabel menunjukkan jenis sampah yang berbeda, dengan harga yang tertera di kolom sebelah kanan. Tabel ini membagi sampah dalam beberapa kategori, seperti Plastik, Kertas, Logam, Kaca, dan lain-lain, dengan detail harga per kilogram atau unit dari masing-masing jenis sampah.

Desain ini cukup fungsional karena memungkinkan nasabah untuk dengan mudah melihat harga sampah yang berlaku dan memantau saldo yang dimilikinya. Penggunaan tabel memberikan informasi yang jelas dan terstruktur, memudahkan pengguna dalam melakukan transaksi terkait sampah yang akan ditukar.

3.3.6 Use Case Diagram

Use Case merupakan rangkaian langkah-langkah yang menjelaskan alur kerja sistem pada aplikasi android. Sistem ini memiliki dua tingkat pengguna, yaitu

nasabah dan admin. Nasabah memiliki akses daftar harga sampah, saldo nasabah dan riwayat transaksi. Sementara itu, admin memiliki hak akses lebih luas yaitu dapat menambah nasabah baru, menambah kategori sampah, menambah jenis sampah, dan menambahkan harga sampah. Use case diagram dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Use Case Diagram

3.3.7 Arsitektur Protokol Interface

Menunjukkan mengenai arsitektur protokol interface. Arsitektur Protokol ini berisi gambaran mengenai proses pengiriman data pada aplikasi android. Sistem pengiriman data dengan melalui *Application Programming Interface* (API) menggunakan protokol RESTful dirancang untuk memastikan komunikasi yang efisien dan aman antara perangkat ESP32 dan server. Proses dimulai dengan ESP32 membaca data dari sensor RFID untuk mendeteksi identitas nasabah, *loadcell* untuk mengukur berat sampah, dan *webcam* dengan metode pengolahan citra untuk menentukan kategori sampah. Setelah data berhasil dikumpulkan, ESP32 memproses data berat menggunakan metode Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi. Data yang telah diolah kemudian disiapkan dalam format JSON, termasuk informasi seperti ID RFID, jenis sampah, berat sampah, dan waktu transaksi.

Selanjutnya, ESP32 mengirimkan data ini ke server menggunakan protokol HTTPS untuk memastikan keamanan selama proses pengiriman. Data dikirimkan

melalui *endpoint* API dengan metode *HTTP POST*, misalnya ke URL <https://example.com/api/v1/submit-data>. Server kemudian menerima dan memvalidasi data yang diterima, seperti memeriksa keabsahan ID RFID, kategori sampah, dan berat sampah. Setelah validasi, server memproses data dengan menghitung saldo berdasarkan berat sampah dan harga sesuai kategori yang dipilih. Hasil perhitungan saldo disimpan dalam database, dan server mengirimkan respons dalam format JSON kembali ke ESP32. ESP32 kemudian menampilkan hasil perhitungan saldo ini pada layar LCD, memberi tahu nasabah jumlah saldo yang diperoleh. Arsitektur ini dirancang untuk memastikan pengelolaan data yang akurat, terintegrasi, dan aman dalam sistem pengelolaan sampah berbasis teknologi.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil perancangan serta pengujian pada Tugas Akhir beserta analisisnya. Setelah merancang alat yang telah direncanakan pada bab 3, tahap selanjutnya adalah merealisasikan alat tersebut melalui pembuatan *hardware*, mekanik, serta *software*. Untuk memastikan bahwa setiap sistem yang dirancang mampu berfungsi sesuai dengan rencana, dilakukan serangkaian pengujian, khususnya terhadap fungsi operasional program yang diterapkan pada sistem penghitung harga sampah otomatis.

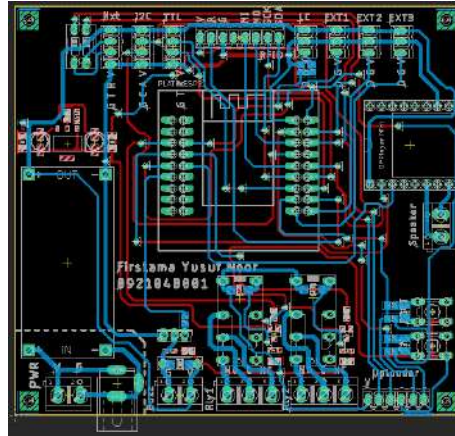
4.1 Hasil Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* elektronika dilakukan dengan merancang konfigurasi dari beberapa sensor yang berfungsi sebagai input sistem, yaitu sensor RFID untuk identifikasi data, Loadcell untuk pengukuran berat, serta *webcam* untuk pengambilan citra atau pemantauan visual. serta integrasi beberapa komponen aktuator sebagai output. Aktuator yang digunakan dalam sistem ini meliputi *DFPlayer Mini* untuk keluaran audio, *buzzer* sebagai penanda bunyi peringatan, dan *LCD Nextion* sebagai antarmuka visual untuk menampilkan informasi secara interaktif. Seluruh perancangan dilakukan untuk memastikan sistem dapat memberikan respons yang sesuai dengan kondisi yang terdeteksi oleh sensor, serta menyampaikan informasi secara efektif kepada pengguna.

4.1.1 Pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB)

Pada tahap ini dilakukan untuk menghubungkan antara sensor sebagai input dan aktuator sebagai output ke chip mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Langkah awal dilakukan pembuatan desain skematik dan perancangan jalur papan PCB menggunakan perangkat lunak Eagle, yang memungkinkan pembuatan tata letak komponen secara presisi dan efisien. Proses desain ini mencakup penentuan posisi komponen elektronik, jalur koneksi antar

komponen, serta optimalisasi tata letak untuk memastikan performa dan keandalan sistem. Hasil dari proses desain tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Routing Board PCB

Kemudian dilakukan percetakan dari hasil routing ke dalam papan pcb, dan dilakukan perakitan komponen pada papan pcb yang telah dicetak yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.

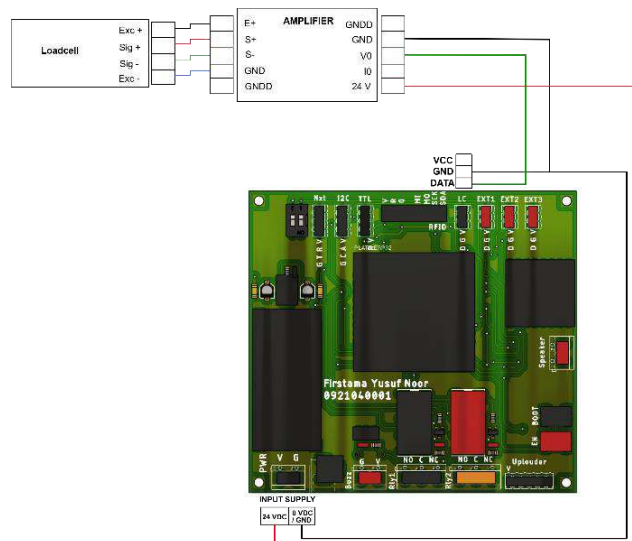


Gambar 4.2 Hasil PCB yang Telah Dicitak dan Dirakit

4.1.2 Hasil Perancangan dan Pengujian Sensor Loadcell

Perancangan sensor ini bertujuan untuk membaca nilai dari loadcell yang digunakan untuk menimbang beban sampah. Nilai tersebut kemudian dikirim ke server untuk dilakukan kalkulasi berdasarkan harga sampah yang berlaku. Load cell yang digunakan memiliki kapasitas maksimum sebesar 160 kilogram dengan sensitivitas sebesar 1 mV/V. Artinya, jika diberikan tegangan eksitasi sebesar 5 V,

maka output dari load cell adalah sebesar 5 mV. Oleh karena itu, sinyal keluaran dari loadcell perlu diperkuat menggunakan rangkaian penguat (amplifier). Output dari amplifier akan memperkuat sinyal dari 0–5 mV menjadi 0–5 V, yang selanjutnya akan dilewatkan melalui rangkaian pembagi tegangan untuk diturunkan menjadi 3,3 V agar dapat dibaca oleh mikrokontroler ESP32. Rangkaian pengkabelan (*wiring*) sensor loadcell ditampilkan pada Gambar 4.3 dan dijelaskan lebih lanjut dalam Tabel 4.1.



Gambar 4.3 *Wiring* Sensor Loadcell




Tabel 4.1 Konektivitas Sensor Loadcell

Loadcell	Amplifier	ESP32
Excitation +	Excitation +	-
Signal +	Signal +	-
Signal -	Signal -	-
Excitation -	GND	-
	VO	Pin 32
	24 V	-
	GND	GND

Pada sistem ini, sensor load cell yang digunakan merupakan jenis sensor analog. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor dalam mengukur beban yang diberikan. Dalam proses pengujian, penulis menggunakan

botol berisi air sebagai objek uji dan timbangan digital sebagai alat pembanding untuk validasi hasil pengukuran. Hasil pengujian beserta dokumentasinya disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Objek Validasi Sensor Loadcell

Beban (Kg)	Jumlah	Dokumentasi
0.5	2	
1	2	
1.5	2	

Pembacaan sensor pada ESP32 menggunakan software Arduino IDE dan menggunakan fungsi *analogRead()* dan *getAverageADC()*. Kedua fungsi tersebut dapat dilihat pada kode program 4.1.

```

float getAverageADC(int pin, int samples = 400) {
    long total = 0;
    for (int i = 0; i < samples; i++) {
        total += analogRead(pin);
        delay(0.70); // jeda untuk stabilisasi ADC
    }
    return (float)total / samples;
}

```

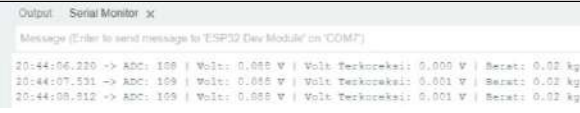
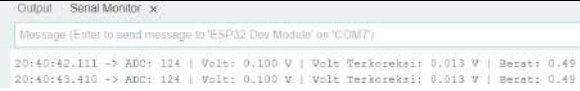
Kode Program 4.1 Fungsi Pembacaan ESP32

Pada kode program 4.1 ditunjukkan fungsi pembacaan dan pengonversi nilai sensor menggunakan ESP32. Pembacaan nilai dilakukan melalui fungsi *analogRead()* yang menghasilkan nilai ADC dari 0 hingga 4095, sesuai dengan resolusi 12-bit pada pin input ESP32. Nilai ini kemudian dimasukkan ke dalam fungsi *getAverageADC()*, yang bertujuan untuk merata-ratakan hasil pembacaan agar mengurangi noise atau fluktuasi sinyal analog dari sensor.

Selanjutnya, nilai ADC yang telah dirata-ratakan dikonversi menjadi tegangan menggunakan rumus konversi $(ADC/4095.0)*3.3$ Volt, di mana 3.3 Volt merupakan tegangan referensi maksimum pada ESP32. Nilai tegangan ini kemudian dikoreksi dengan mengurangi tegangan nol beban (*zeroVoltage*) yang diperoleh saat proses kalibrasi awal, sehingga diperoleh tegangan hasil pembacaan murni akibat adanya beban. Setelah itu, tegangan terkoreksi dikonversi menjadi berat menggunakan rumus proporsional terhadap kapasitas sensor. Proses ini dilakukan dengan mengalikan rasio tegangan terhadap tegangan maksimum dengan kapasitas berat maksimum (*maxWeight*), dan dikalikan lagi dengan faktor koreksi skala (*scaleCorrection*) untuk mengkompensasi ketidaksempurnaan sensor.

Dalam sistem ini, pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan alat ukur berupa timbangan digital sebagai pembanding, di mana beban yang digunakan adalah botol berisi air dengan massa yang telah diketahui. Hasil pembacaan sensor dari ESP32 kemudian dibandingkan dengan nilai aktual dari timbangan untuk mengevaluasi akurasi sistem. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Loadcell

Beban (Kg) (Fleco F-200)	Pembacaan Sensor (Kg)	Error (Kg)	Error %	Dokumentasi
0.00	0.02	0.02	0.00	
0.50	0.49	0.01	2.00	

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Loadcell (Lanjutan)

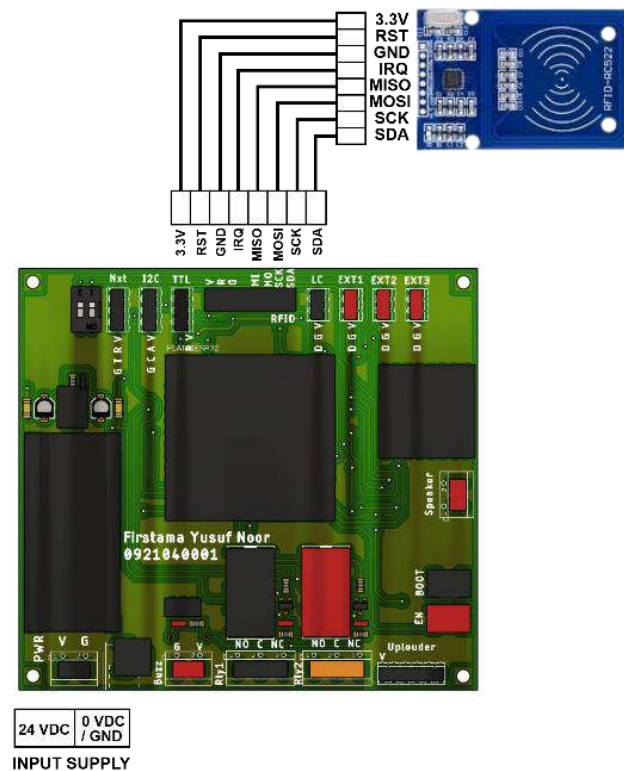
Beban (Kg) (Fleco F-200)	Pembacaan Sensor (Kg)	Error (Kg)	Error %	Dokumentasi
1.00	1.04	0.04	4.00	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 20:54:24.052 -> ADC: 143 Volt: 0.115 V Volt Terkoreksi: 0.027 V Berat: 1.04 20:54:24.993 -> ADC: 142 Volt: 0.115 V Volt Terkoreksi: 0.027 V Berat: 1.03
1.50	1.49	0.01	0.67	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 21:07:17.524 -> ADC: 156 Volt: 0.125 V Volt Terkoreksi: 0.039 V Berat: 1.49 21:07:18.337 -> ADC: 156 Volt: 0.127 V Volt Terkoreksi: 0.036 V Berat: 1.48 21:07:19.361 -> ADC: 156 Volt: 0.125 V Volt Terkoreksi: 0.039 V Berat: 1.49
2.00	2.02	0.02	1.00	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 21:27:32.970 -> ADC: 180 Volt: 0.145 V Volt Terkoreksi: 0.053 V Berat: 2.02 kg 21:27:33.894 -> ADC: 179 Volt: 0.145 V Volt Terkoreksi: 0.053 V Berat: 2.02 kg 21:27:34.818 -> ADC: 180 Volt: 0.145 V Volt Terkoreksi: 0.053 V Berat: 2.02 kg
2.50	2.52	0.02	0.80	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 21:09:16.276 -> ADC: 191 Volt: 0.155 V Volt Terkoreksi: 0.066 V Berat: 2.52 kg 21:09:16.310 -> ADC: 192 Volt: 0.155 V Volt Terkoreksi: 0.066 V Berat: 2.53 kg
3.00	3.03	0.03	1.00	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 21:11:13.275 -> ADC: 208 Volt: 0.168 V Volt Terkoreksi: 0.079 V Berat: 3.03 kg 21:11:14.342 -> ADC: 208 Volt: 0.168 V Volt Terkoreksi: 0.079 V Berat: 3.02 kg
3.50	3.53	0.03	0.86	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 23:35:02.976 -> ADC: 231 Volt: 0.187 V Volt Terkoreksi: 0.094 V Berat: 3.53 kg 23:35:04.020 -> ADC: 231 Volt: 0.186 V Volt Terkoreksi: 0.094 V Berat: 3.53 kg
4.00	4.08	0.08	2.00	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 23:39:35.092 -> ADC: 249 Volt: 0.201 V Volt Terkoreksi: 0.103 V Berat: 4.08 kg 23:39:36.111 -> ADC: 249 Volt: 0.201 V Volt Terkoreksi: 0.103 V Berat: 4.08 kg 23:39:37.175 -> ADC: 249 Volt: 0.201 V Volt Terkoreksi: 0.103 V Berat: 4.08 kg
4.50	4.54	0.04	0.89	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 23:41:31.028 -> ADC: 264 Volt: 0.213 V Volt Terkoreksi: 0.121 V Berat: 4.54 kg 23:41:32.044 -> ADC: 264 Volt: 0.213 V Volt Terkoreksi: 0.121 V Berat: 4.54 kg
5.00	4.98	0.02	0.40	Output Serial Monitor x Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7') 23:43:26.909 -> ADC: 275 Volt: 0.225 V Volt Terkoreksi: 0.133 V Berat: 4.98 kg 23:43:27.945 -> ADC: 276 Volt: 0.225 V Volt Terkoreksi: 0.132 V Berat: 4.97 kg
Rata-rata		0.02	1.23	

Berdasarkan hasil pengukuran beban menggunakan sensor loadcell, sebagaimana disajikan dalam Tabel 4.3, diperoleh persentase error yang bervariasi dengan rata-rata error kg sebesar 0.02 kg dan error absolut sebesar 1,23%. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor loadcell yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan penyimpangan yang relatif kecil dibandingkan nilai beban sebenarnya. Tingkat akurasi tersebut mengindikasikan bahwa sensor ini dapat diandalkan untuk aplikasi pengukuran beban dalam kondisi tertentu. Dengan performa akurasi yang

telah dicapai, sensor loadcell ini dapat menjadi pilihan yang tepat untuk mendukung pengukuran beban yang presisi dalam penelitian ini.

4.1.3 Hasil Perancangan dan Pengujian Sensor RFID (*Radio Frequency Identification*)

Pada perancangan sistem ini, sensor RFID digunakan sebagai media identifikasi dan penyimpanan data nasabah. Setiap nasabah akan memiliki kartu RFID yang berisi kode identifikasi tersendiri yang berfungsi sebagai penanda identitas. Ketika kartu/tag RFID didekatkan ke sensor, sistem akan membaca ID kartu dan mencocokkannya dengan data nasabah yang tersimpan di dalam database. Proses ini memungkinkan sistem untuk melakukan berbagai fungsi, seperti pencatatan transaksi, pemantauan saldo, atau riwayat aktivitas, secara otomatis dan efisien. Pemanfaatan RFID dalam sistem ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi identifikasi dan mempercepat proses layanan kepada nasabah. Rangkaian pengkabelan (*wiring*) sensor RFID ditampilkan pada Gambar 4.4 dan dijelaskan lebih lanjut dalam Tabel 4.4.



Gambar 4.4 *Wiring* Sensor RFID

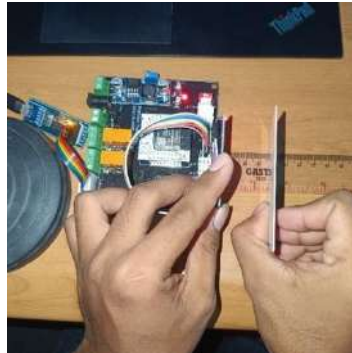
Tabel 4.4 Konektivitas Sensor RFID

RFID	ESP32
VCC	3.3V
RST	PIN 4
GND	GND
IRQ	-
MISO	PIN 19
MOSI	PIN 23
SCK	PIN 18
SDA	PIN 5

Pada tugas akhir ini menggunakan sensor RFID yang berfungsi untuk pengambilan data secara otomatis. Pada Gambar 4.5 pengujian terhadap sensor RFID dilakukan dengan mengamati parameter jarak baca antara sensor dan tag RFID dengan menggunakan mistar. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja sensor dalam mendeteksi tag pada berbagai jarak. Hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor RFID

Uji Coba ke-	Jarak Kartu Terhadap Sensor RFID (cm)	Keterangan
1.	0.5	Terbaca
2.	1	Terbaca
3.	1.5	Terbaca
4.	2	Terbaca
5.	2.5	Terbaca
6.	3	Terbaca
7.	3.5	Terbaca
8.	4	Terbaca
9.	4.5	Terbaca
10.	5	Tidak Terbaca

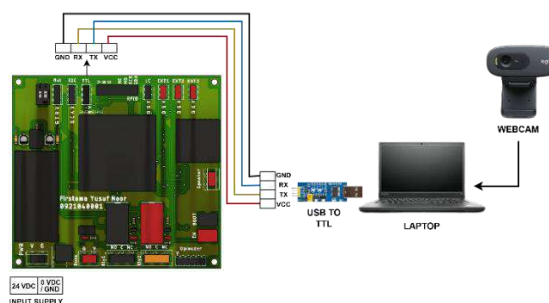


Gambar 4.5 Pengujian Sensor RFID Menggunakan Mistar

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.5 pengujian jarak pembacaan sensor RFID terhadap *tag* dengan jarak berbeda-beda, dari hasil pengujian diperoleh bahwa sensor masih dapat membaca kartu dengan baik hingga jarak maksimal 4,5 cm. Pada jarak tersebut, seluruh uji coba menunjukkan hasil pembacaan yang berhasil (*terbaca*). Namun, ketika jarak *tag* RFID terhadap sensor mencapai 5 cm, sensor sudah tidak mampu mendeteksi keberadaan *tag*, sehingga data tidak terbaca. Hasil ini menunjukkan bahwa jangkauan efektif dari sensor RFID yang digunakan dalam sistem ini adalah maksimal 4,5 cm. Jarak ini menjadi acuan penting dalam perancangan sistem, terutama dalam penempatan sensor dan posisi pengguna saat melakukan pemindaian kartu.

4.1.4 Hasil Perancangan dan Pengujian *Webcam*

Pada sistem ini kamera webcam digunakan untuk menghambil citra yang nantinya citra akan diproses pada laptop menggunakan YOLO V5 kemudian di teruskan ke ESP32 melalui serial dengan USB to TTL. Jenis webcam yang digunakan adalah Logitech C270. Rangkaian pengkabelan (*wiring*) *Webcam* ditampilkan pada Gambar 4.6 dan dijelaskan lebih lanjut dalam Tabel 4.6.

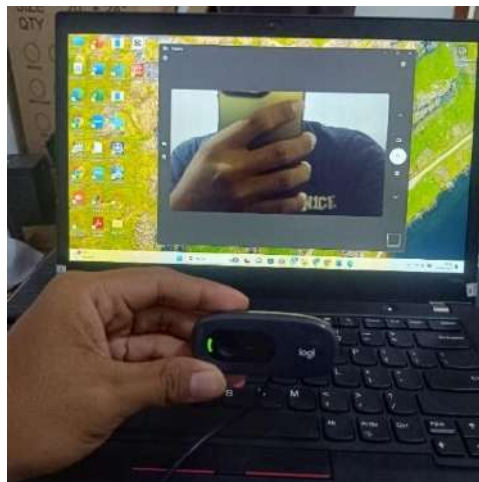


Gambar 4.6 *Wiring Webcam*

Tabel 4.6 Konektivitas Webcam

USB to TTL	ESP32
VCC	5 V
GND	GND
RX	TX 2 /PIN 17
TX	RX 2 / PIN 16

Pada tugas akhir ini digunakan perangkat *webcam* yang berfungsi sebagai input citra visual yang diproses melalui laptop, sedangkan modul ESP32 digunakan sebagai unit pengendali dan komunikasi data. Komunikasi antara ESP32 dan laptop difasilitasi melalui modul USB to TTL yang mengonversi sinyal UART ke antarmuka USB. Koneksi dilakukan dengan menghubungkan pin VCC (5V) dan GND pada modul USB to TTL ke sumber daya yang sesuai pada ESP32 untuk menjamin kestabilan tegangan. Untuk jalur data, pin TX pada USB to TTL dihubungkan ke RX2 (pin 16) pada ESP32, dan pin RX dihubungkan ke TX2 (pin 17) pada ESP32. Konfigurasi ini mengikuti prinsip dasar komunikasi UART, yaitu jalur TX pada satu perangkat dihubungkan ke RX perangkat lainnya, dan sebaliknya.

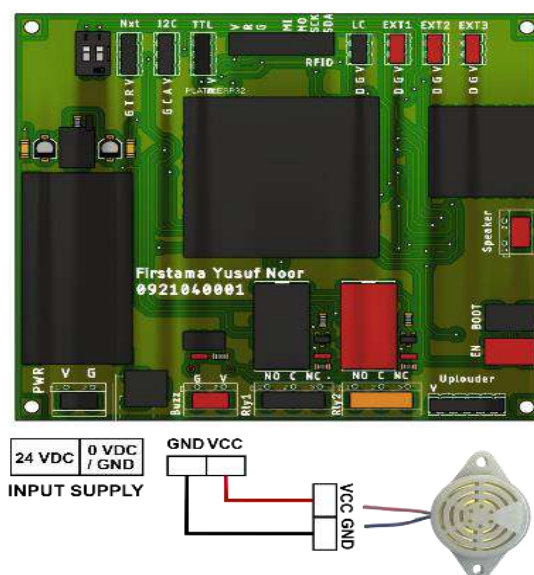
Gambar 4.7 Pengujian *Webcam*

Dalam sistem ini, kamera *webcam* berfungsi untuk mengambil gambar yang kemudian akan diproses di laptop menggunakan YOLO V5. Webcam yang digunakan adalah *Digital Alliance Webcam MyCam*. Gambar 4.7 menunjukkan

hasil pengujian antara *webcam* dan laptop. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan konektivitas kamera dengan laptop, apakah dapat terhubung dengan baik. Terlihat sebuah indikator hijau yang menunjukkan bahwa webcam telah terhubung dengan laptop.

4.1.5 Hasil Perancangan dan Pengujian *Alarm Buzzer*

Buzzer merupakan komponen elektronik yang berfungsi sebagai penghasil suara yang kuat dan jelas, sering digunakan dalam berbagai aplikasi sebagai pemberi sinyal atau alarm. Untuk pengkabelan buzzer dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan dijelaskan lebih lanjut dalam Tabel 4.7.



Gambar 4.8 Wiring Buzzer

Tabel 4.7 Konektivitas Buzzer

Buzzer	Papan PCB Terminal Blok Buzz
Kabel Merah	VCC
Kabel Hitam	GND

Pengujian alarm buzzer dilakukan dengan membuat program menggunakan software Arduino IDE, yang kemudian digunakan untuk memicu pin 13 pada ESP32 agar aktif. Hasil dari pengujian sistem alarm buzzer dapat dilihat pada Tabel 4.8.

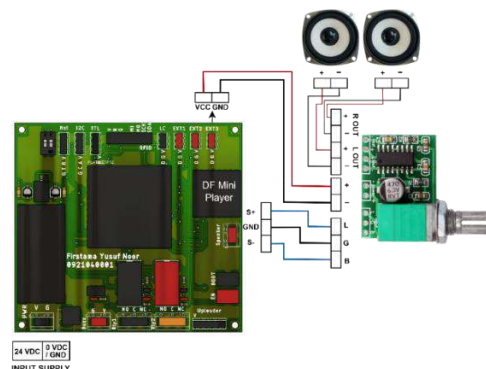
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Buzzer

No.	Kondisi	Keterangan	Dokumentasi
1.	ON	Berbunyi	
2.	OFF	Tidak berbunyi	

Dari Tabel 4.8, pengujian alarm buzzer di atas digunakan untuk memberikan indikasi suara jika beban melebihi kapasitas loadcell. Ketika pin 13 pada ESP32 pada kondisi high maka buzzer akan berbunyi dan pembacaan multimeter 5V. Ketika pin 13 pada ESP32 dalam kondisi low buzzer tidak berbunyi dan pembacaan multimeter 0V.

4.1.6 Hasil Perancangan dan Pengujian Modul DF Mini Player

Modul DF Mini Player adalah komponen yang digunakan untuk memutar file audio dengan kualitas suara yang baik dan dapat diintegrasikan dengan berbagai sistem elektronik. Modul ini memiliki peran penting dalam memberikan output suara pada sistem yang dirancang. Rangkaian pengkabelan (*wiring*) Modul DF Player Mini ditampilkan pada Gambar 4.9 dan dijelaskan lebih lanjut dalam Tabel 4.9.



Gambar 4.9 Wiring Modul DF Mini Player

Tabel 4.9 Konektivitas DF Player Mini

DF Mini Player	AMPLIFIER	SPEAKER	ESP32
VCC	-	-	5V
RX	-	-	PIN 26
TX	-	-	PIN 27
GND1	-	-	GND
SPK1	L	-	-
SPK2	R	-	-
GND	GND	-	-
-	POWER +	-	5V
-	POWER -	-	GND
-	R OUT	SPEAKER R	-
-	L OUT	SPEAKER L	-

Pengujian modul DF Mini Player dilakukan dengan membuat program menggunakan software Arduino IDE, yang kemudian digunakan untuk mengirim perintah pemutaran audio melalui komunikasi serial ke modul tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa modul dapat memutar file audio dengan benar saat diberi perintah dari ESP32. Pada Tabel 4.10 adalah hasil dari pengujian modul DF Mini Player.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian DF Player Mini

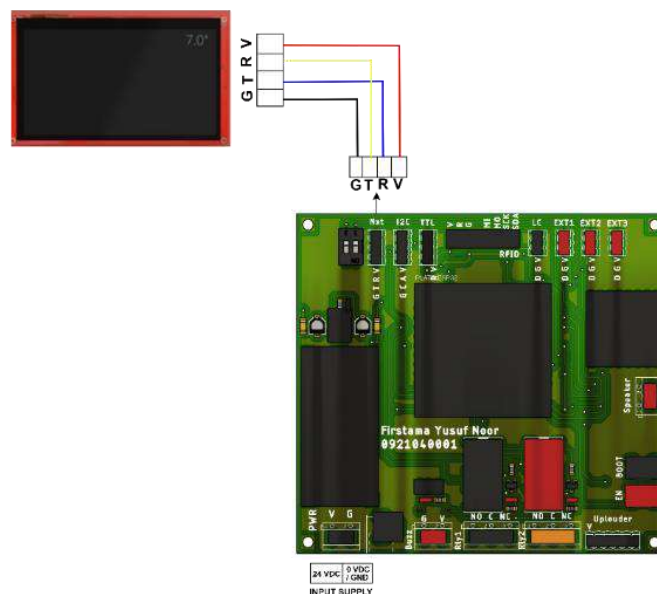
Status DF Mini Player	Tegangan (V)	Keterangan	Dokumentasi
Mendapat input	0.08	DF Player ON (berbunyi)	
Tidak mendapat input	0.04	DF Player ON (tidak berbunyi)	

Dari Tabel 4.10, pengujian modul DF Mini Player dilakukan untuk mengetahui kondisi modul saat menerima dan tidak menerima sinyal dari mikrokontroler. Ketika modul mendapat input, multimeter menunjukkan tegangan sebesar 0.08 V, dan modul berada dalam kondisi ON. Saat tidak mendapat input, tegangan yang terbaca sebesar 0.04 V, namun modul tetap dalam keadaan menyala (ON).

Hal ini terjadi karena DF Mini Player akan tetap menyala selama mendapatkan suplai daya utama (VCC). Sinyal dari mikrokontroler hanya digunakan untuk memberikan perintah seperti memutar atau menghentikan audio, bukan untuk menyalakan atau mematikan modul. Tegangan yang terlihat pada multimeter adalah tegangan kecil dari sinyal kontrol, bukan tegangan utama yang menentukan modul menyala atau tidak.

4.1.7 Penerapan *Human Machine Interface* (HMI)

Human Machine Interface (HMI) berfungsi sebagai interface pada sistem. Pada sistem ini, menggunakan HMI Nextion yang digunakan untuk menampilkan informasi dari sistem dan mengirim perintah ke ESP32. Untuk pengkabelan HMI Nextion dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan dijelaskan lebih lanjut dalam Tabel 4.11.



Gambar 4.10 *Wiring* HMI Nextion

Tabel 4.11 Konektivitas HMI Nextion

HMI Nextion	ESP32
VCC	5V
RX	TX
TX	RX
GND	GND

Pengujian HMI Nextion dilakukan dengan membuat program menggunakan software Arduino IDE dan Nextion Editor untuk desain tampilannya, yang kemudian digunakan untuk mengirim dan menerima data melalui komunikasi serial antara ESP32 dan HMI Nextion tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa tampilan antarmuka dapat merespons perintah dengan benar serta mampu menampilkan informasi sesuai dengan data yang dikirim dari ESP32. Pada Tabel 4.12 adalah hasil dari pengujian HMI Nextion.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian HMI Nextion

Kondisi	Keterangan	Dokumentasi
Tombol ON	LED ESP32 Menyala	
Tombol OFF	LED ESP32 Padam	

4.2 Hasil Perancangan dan Pembuatan Mekanik

Perancangan mekanik alat merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan berbagai langkah dan pertimbangan untuk menciptakan alat atau sistem

mekanik yang efektif, efisien, dan dapat diandalkan. Proses ini memerlukan pemahaman teknis dan perhitungan secara matang. Pada perancangan mekanik Penghitung Harga Sampah Otomatis menggunakan software Autodesk Fusion 360. Berikut gambar perancangan mekanik pada bagging machine ditunjukkan oleh Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Perancangan Mekanik

Pada proses pengerjaan mekanik mesin menggunakan bahan besi hollow ukuran 6 cm x 3 cm dengan tebal 1,2 mm dan bahan plat untuk penutup rangka menggunakan plat besi dengan tebal 1 milimeter. Proses pengerjaan mekanik meliputi pemotongan plat dan hollow. Kemudian semua komponen dirangkai dan disambung menggunakan sistem pengelasan. Untuk hasil perncangan mekanik dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Hasil Perancangan Mekanik

4.3 Hasil Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem perangkat keras dengan server melalui protokol HTTP, sehingga proses pencatatan berat, transaksi, dan identifikasi jenis sampah dapat dilakukan secara otomatis dan tersinkronisasi dengan baik. Antarmuka sistem dikembangkan dalam bentuk website menggunakan Visual Studio Code (VS Code), yang selanjutnya dihubungkan dengan database server agar seluruh data dapat diakses secara real-time dan terorganisir.

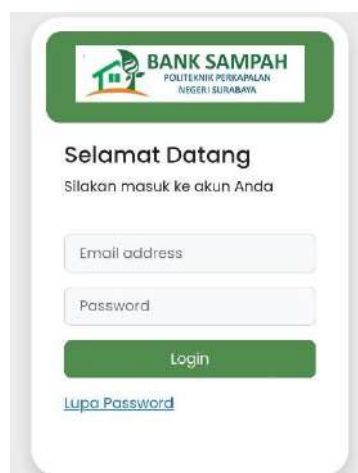
Untuk mempermudah akses melalui perangkat mobile, website yang telah dibuat kemudian dikemas menjadi aplikasi Android menggunakan Android Studio dengan pendekatan WebView. Metode ini dipilih karena lebih efisien dan praktis, memungkinkan seluruh fitur sistem ditampilkan dalam bentuk aplikasi tanpa harus membangun ulang secara native. Selain mempercepat proses pengembangan, pendekatan ini juga memudahkan pemeliharaan, karena pembaruan sistem cukup dilakukan dari sisi web tanpa memerlukan instalasi ulang aplikasi oleh pengguna.

4.3.1 Antarmuka *Software*

Antarmuka (User interface) Software adalah tampilan visual sebuah perangkat lunak yang menjembatani sistem dengan pengguna (user).

4.3.2 Halaman Login

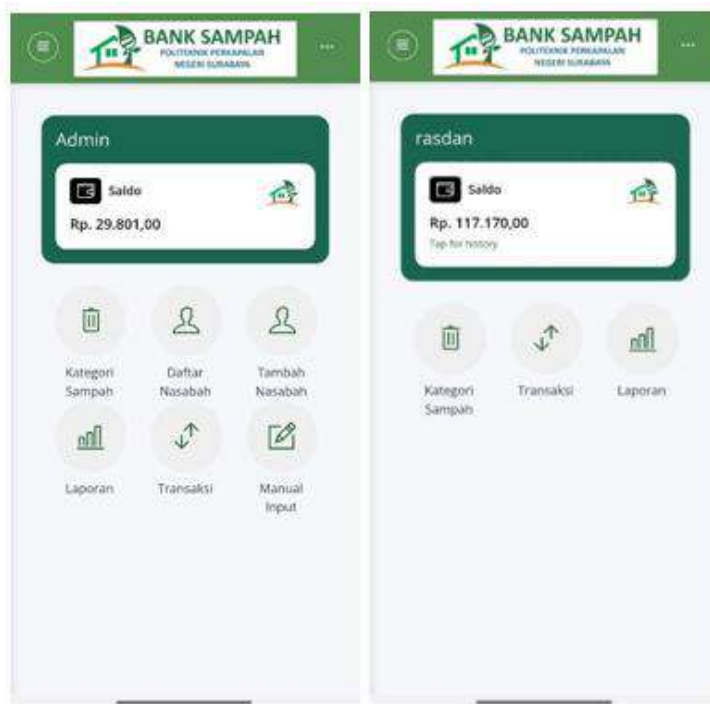
Halaman Login seperti pada Gambar 4.13 saat pertama kali aplikasi dijalankan. Halaman login ini berfungsi untuk keamanan sistem agar tidak digunakan untuk hal yang tidak diinginkan.



Gambar 4.13 Halaman Login

4.3.3 Dashboard

Setelah login, akan masuk ke halaman awal Gambar 4.14 yaitu Dashboard untuk Admin dan Dashboard untuk Nasabah. Dashboard merupakan halaman pembuka yang menampilkan informasi seputar saldo bank sampah serta menyediakan akses cepat ke beberapa menu utama, seperti kategori sampah, daftar nasabah, tambah nasabah, laporan, transaksi, dan manual input. Sementara itu tampilan Dashboard untuk Nasabah memperlihatkan. Setelah login, nasabah akan diarahkan ke halaman ini yang menampilkan informasi saldo secara real-time di bagian atas, serta shortcut ke menu utama seperti kategori sampah, transaksi, dan laporan pribadi. Tampilan yang sederhana dan intuitif ini memudahkan nasabah untuk memantau saldo, melihat riwayat transaksi, serta mengakses data terkait aktivitas penyetoran sampah. Perbedaan antarmuka antara admin dan nasabah mencerminkan perbedaan peran serta akses fitur yang dimiliki masing-masing pengguna dalam sistem bank sampah.

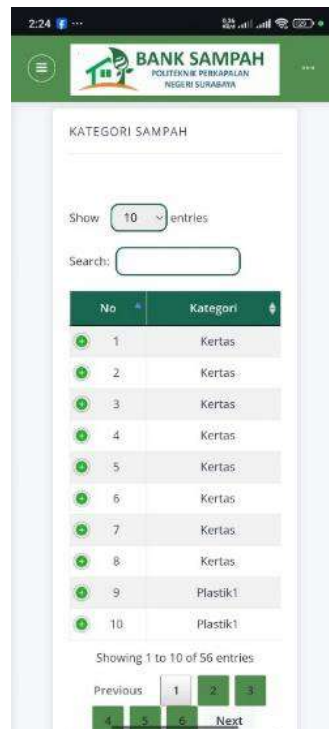


Gambar 4.14 Dashboard Admin dan Nasabah

4.3.4 Kategori Sampah

Pada halaman ini berisi daftar kategori sampah yang telah terdaftar dalam sistem. Pengguna dapat melihat, mencari, dan menambahkan kategori sampah baru

melalui tabel yang disediakan. Tabel ini dilengkapi fitur pencarian dan pengaturan jumlah data yang ditampilkan, sehingga memudahkan admin dalam mengelola data kategori sampah, seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Kategori Sampah

4.3.5 Daftar Nasabah

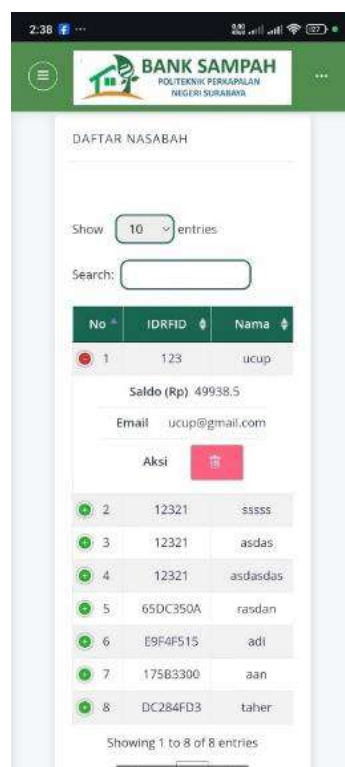
Pada halaman ini ditampilkan Daftar Nasabah yang merupakan salah satu fitur penting dalam sistem informasi bank sampah. Halaman ini menyajikan data nasabah yang telah terdaftar secara sistematis dalam bentuk tabel, meliputi nomor urut, ID RFID, dan nama nasabah. Data ditampilkan secara dinamis sehingga memudahkan admin dalam mengidentifikasi setiap nasabah berdasarkan kode unik RFID yang dimiliki.

Selain menampilkan informasi dasar, halaman ini juga memperlihatkan detail tambahan seperti saldo nasabah dan alamat email saat baris data diklik atau diperluas. Dengan adanya informasi ini, admin dapat langsung melihat status keuangan nasabah tanpa harus membuka halaman lain, sehingga proses pengelolaan menjadi lebih efisien.

Fitur pencarian (*search*) disediakan di bagian atas tabel, memungkinkan admin untuk menemukan data nasabah tertentu hanya dengan mengetik sebagian

nama atau IDRfid. Selain itu, terdapat opsi untuk mengatur jumlah entri yang ingin ditampilkan dalam satu halaman, mulai dari 10 entri hingga seluruh data, yang sangat membantu ketika jumlah nasabah sudah banyak.

Tombol aksi seperti ikon hapus (tempat sampah berwarna merah) juga tersedia untuk memudahkan penghapusan data nasabah yang tidak lagi aktif atau terjadi duplikasi. Tampilan yang responsif dan intuitif ini memudahkan pengelolaan data nasabah secara real-time melalui perangkat desktop maupun mobile. Ilustrasi dari fitur ini dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Daftar Nasabah

4.3.6 Tambah Nasabah

Halaman ini dirancang khusus untuk memfasilitasi penambahan data nasabah baru ke dalam sistem informasi bank sampah. Dalam penggunaannya, admin diberikan akses untuk mengisi formulir yang tersedia dengan informasi dasar nasabah, seperti nama lengkap, alamat email yang valid, serta jumlah saldo awal yang akan tercatat dalam sistem. Proses input ini bertujuan untuk menyederhanakan tahapan registrasi sehingga lebih efisien, cepat, dan minim kesalahan. Tampilan antarmuka halaman ini dibuat dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan,

sehingga pengguna non-teknis pun dapat menjalankannya tanpa kesulitan berarti. Ilustrasi dari fitur ini dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Tambah Nasabah

4.3.7 Laporan

Pada tampilan halaman Laporan Pemasukan dan Pengeluaran dalam sistem informasi bank sampah. Halaman ini berfungsi sebagai alat bantu bagi admin maupun pengelola untuk memantau dan merekap aktivitas keuangan berdasarkan periode waktu tertentu. Pada bagian atas ditampilkan formulir laporan pemasukan, yang memungkinkan pengguna untuk menentukan rentang waktu mulai dan akhir sesuai kebutuhan pelaporan. Setelah tanggal ditentukan, pengguna dapat langsung menekan tombol cetak untuk menghasilkan laporan dalam format *excel* untuk admin dan format pdf untuk nasabah yang siap diunduh atau dicetak. Laporan ini umumnya mencakup total nilai pemasukan yang berasal dari penjualan sampah atau penyeteroran dari nasabah.

Selanjutnya, di bagian bawah halaman, terdapat formulir laporan pengeluaran yang memiliki tampilan dan fungsi serupa. Fitur ini memungkinkan admin melacak pengeluaran dana berdasarkan periode waktu tertentu. Tampilan yang sederhana ini dirancang agar pengguna dapat dengan mudah membuat rekap

laporan keuangan bulanan, triwulan, maupun tahunan. Dengan adanya fitur pencetakan langsung, proses dokumentasi dan pelaporan menjadi lebih efisien, mendukung transparansi serta akuntabilitas dalam pengelolaan bank sampah. Ilustrasi dari fitur ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.

The image shows a mobile application interface for 'BANK SAMPAH'. At the top, there is a green header with the bank's logo and name. Below the header, there are two distinct report sections. The first section is titled 'Laporan Pemasukan' (Income Report). It contains two date selection fields labeled 'Start' and 'End', each with a dropdown arrow. Below these fields is a green button labeled 'Cetak' (Print). The second section is titled 'Laporan Pengeluaran' (Expense Report). It also contains two date selection fields labeled 'Start' and 'End' with dropdown arrows, and a green 'Cetak' button at the bottom. The background of the app is white with light green accents.

Gambar 4.18 Tampilan Laporan

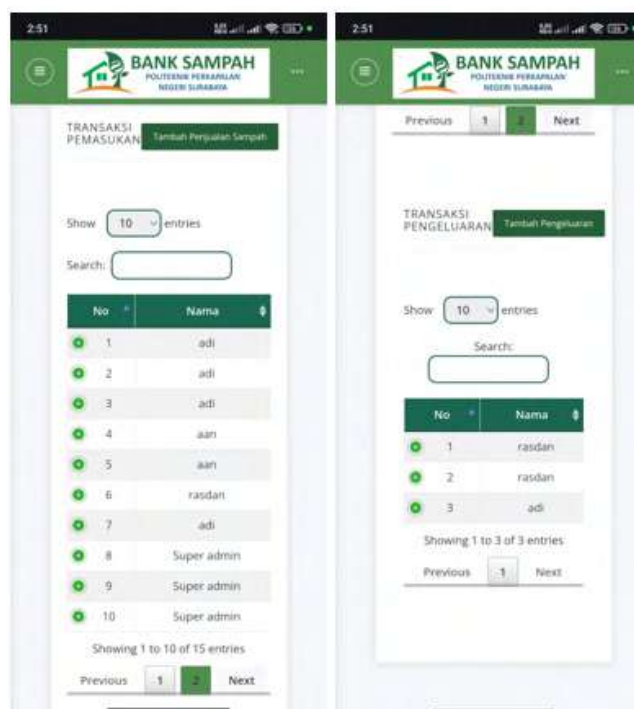
4.3.8 Transaksi

Halaman transaksi merupakan fitur penting dalam sistem informasi bank sampah yang berfungsi untuk mencatat seluruh aktivitas keuangan, baik pemasukan maupun pengeluaran. Fitur ini membantu admin dalam melakukan pemantauan dan pengelolaan data transaksi secara real-time, serta mendukung transparansi dan akuntabilitas dalam proses operasional.

Transaksi pemasukan biasanya berasal dari penyetoran sampah oleh nasabah dan penjualan sampah ke pengepul, yang kemudian dikonversikan ke dalam saldo sesuai kategori dan berat sampah yang disetorkan. Sementara itu, transaksi pengeluaran umumnya terjadi saat nasabah melakukan penarikan saldo, baik sebagian maupun seluruhnya. Setiap transaksi yang tercatat akan secara

otomatis tersimpan dalam sistem dan dapat ditelusuri kapan saja melalui fitur pencarian yang tersedia.

Tampilan halaman transaksi disajikan dalam bentuk tabel yang memuat informasi nama nasabah dan nomor urut transaksi. Selain itu, terdapat fitur untuk mengatur jumlah data yang ditampilkan serta tombol untuk menambahkan transaksi baru, baik untuk pemasukan maupun pengeluaran. Dengan antarmuka yang sederhana dan ramah pengguna, halaman ini memudahkan admin dalam melakukan pencatatan dan verifikasi transaksi. Tampilan halaman transaksi pemasukan dan pengeluaran dapat dilihat pada Gambar 4.19



Gambar 4.19 Tampilan Transaksi

4.3.9 Manual Input

Fitur manual input disediakan sebagai alternatif bagi admin untuk mencatat transaksi secara langsung ke dalam sistem apabila terjadi kendala pada pemindaian otomatis atau saat data belum terintegrasi sepenuhnya. Fitur ini sangat berguna dalam kondisi tertentu, seperti saat RFID tidak terbaca, sistem offline sementara, atau terdapat penyesuaian data yang perlu dilakukan secara manual.

Melalui formulir manual input, admin dapat memilih nama nasabah dari daftar yang tersedia, memasukkan ID RFID secara manual, memilih jenis sampah

yang disetorkan, serta mencantumkan berat sampah sesuai hasil penimbangan. Setelah semua data diisi dengan benar, admin dapat langsung menekan tombol INPUT untuk menyimpan transaksi ke dalam sistem. Data yang dimasukkan akan secara otomatis dihitung dan menambah saldo nasabah yang bersangkutan. Antarmuka fitur ini dirancang agar tetap sederhana, cepat, dan intuitif, sehingga dapat digunakan dengan mudah oleh operator sekalipun dalam kondisi mendesak. Tampilan dari fitur manual input yang digunakan oleh admin dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Tampilan Manual Input

4.4 Simulasi dan Pengujian Metode Kalman Filter

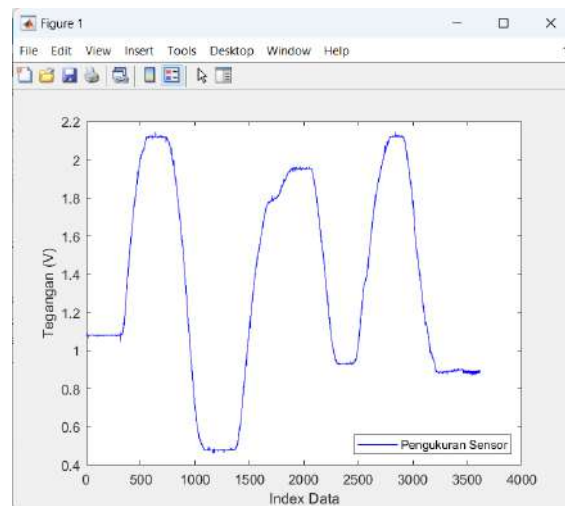
Dalam sistem ini, Kalman Filter digunakan untuk menyaring data dari sensor loadcell guna mengurangi gangguan (noise) dan menghasilkan estimasi yang lebih tepat. Kalman Filter beroperasi melalui dua tahap utama, yaitu prediksi dan pembaruan (*update*), yang masing-masing memiliki rumus sendiri namun saling melengkapi untuk meningkatkan akurasi pembacaan berdasarkan data sebelumnya. Pada simulasi menggunakan MATLAB, data diperoleh langsung dari pembacaan sensor loadcell. Parameter utama seperti matriks kovarians proses (Q) dan matriks kovarians pengukuran (R) ditentukan berdasarkan pengamatan data, karena nilai Q

dan R sangat berpengaruh terhadap performa filter dalam menciptakan estimasi yang stabil dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Pada Tabel 4.13 adalah data dari pembacaan sensor loadcell.

Tabel 4.13 Data Pembacaan Sensor Loadcell

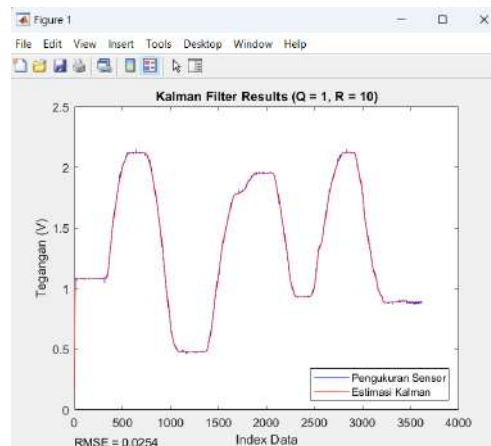
No.	Tegangan (V)	Berat (Kg)
1	1,082	49,49
2	1,078	49,33
3	1,081	49,45
4	1,082	49,49
5	1,079	49,36
6	1,081	49,45
7	1,093	50,05
8	1,082	49,49
9	1,077	49,29
10	1,079	49,36
11	1,082	49,53
12	1,079	49,36
13	1,078	49,33
14	1,082	49,49
15	1,078	49,33
16	1,082	49,49
17	1,081	49,45
18	1,081	49,45
19	1,081	49,45
20	1,082	49,49
.	.	.
.	.	.
.	.	.
3618	0,895	40,21
3619	0,894	40,13

Pada Tabel 4.13 menyajikan hasil pengumpulan data yang dilakukan secara berurutan dengan total lebih dari 3600 sampel. Pengambilan data dilakukan menggunakan perangkat lunak PLX-DAQ, yang terhubung langsung dengan mikrokontroler melalui komunikasi serial dan memungkinkan pencatatan otomatis ke dalam Microsoft Excel. Pada kolom pertama ditampilkan nomor urut data dari sampel ke-1 hingga lebih dari 3600. Kolom kedua berisi nilai tegangan keluaran dari sensor yang direkam dalam satuan Volt (V), sedangkan kolom ketiga menampilkan hasil konversi tegangan tersebut menjadi nilai berat dalam satuan kilogram (kg). Seluruh data yang terkumpul bertujuan untuk mengamati hubungan antara tegangan sensor dengan berat aktual secara kontinu. Selanjutnya, Gambar 4.21 menampilkan grafik visualisasi dari data tersebut, yang menggambarkan tren pembacaan sensor dalam bentuk kurva berdasarkan hasil pencatatan yang telah dilakukan selama proses pengujian berlangsung.



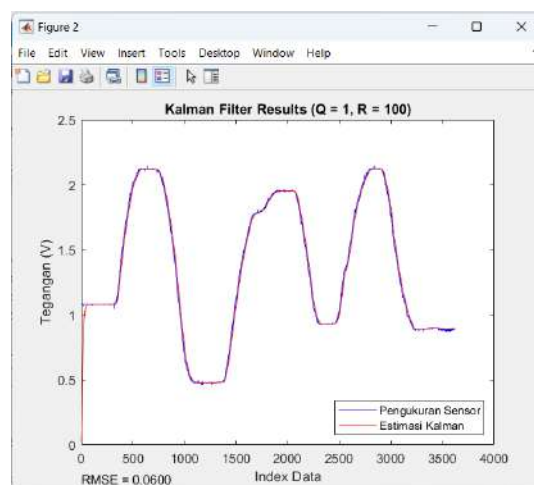
Gambar 4.21 Data Sensor Loadcell

Gambar 4.21 menunjukkan data pembacaan sensor loadcell yang belum melalui proses filtering. Terlihat bahwa sinyal yang dihasilkan masih mengalami fluktuasi dan ketidakstabilan, yang mengindikasikan adanya gangguan eksternal seperti noise. Untuk memperoleh hasil pembacaan sensor yang lebih stabil dan mendekati nilai aktual, dilakukan proses observasi terhadap data menggunakan program MATLAB. Observasi ini bertujuan untuk menentukan nilai parameter Q dan R yang optimal, sehingga proses filtering dapat diterapkan secara efektif dan nilai yang dihasilkan lebih mendekati kondisi sebenarnya.



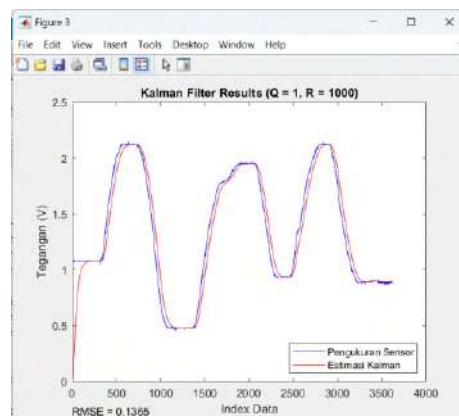
Gambar 4.22 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 10$

Hasil observasi pada Gambar 4.22 menunjukkan hasil estimasi sinyal sensor loadcell setelah diterapkan filter menggunakan metode Kalman dengan parameter $Q = 1$ dan $R = 10$. Garis biru merupakan data pembacaan sensor aktual, sedangkan garis merah menunjukkan hasil estimasi Kalman. Terlihat bahwa hasil estimasi mengikuti pola data asli dengan sangat baik dan berhasil mereduksi fluktuasi (noise) pada sinyal sensor. Nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) yang diperoleh sebesar 0.0254 menunjukkan bahwa estimasi Kalman memiliki tingkat kesalahan yang sangat rendah terhadap data aslinya. Dengan demikian, parameter Q dan R yang digunakan pada proses ini dapat dikatakan cukup optimal dalam menghasilkan estimasi yang akurat dan mendekati kondisi sebenarnya.



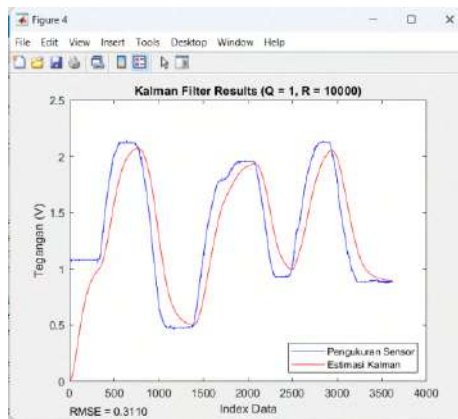
Gambar 4.23 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 100$

Hasil observasi pada Gambar 4.23 menunjukkan hasil estimasi sinyal sensor loadcell setelah dilakukan filtering menggunakan metode Kalman dengan parameter $Q = 1$ dan $R = 100$. Garis biru menggambarkan pembacaan sensor asli, sedangkan garis merah menunjukkan hasil estimasi Kalman. Dibandingkan dengan hasil sebelumnya, terlihat bahwa estimasi Kalman tetap mampu mengikuti pola sinyal sensor secara umum, namun terdapat sedikit perbedaan pada beberapa bagian sinyal akibat nilai R yang lebih besar. Nilai RMSE sebesar 0.0600 menunjukkan bahwa akurasi estimasi sedikit menurun dibandingkan parameter sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa pemilihan nilai R yang terlalu besar menyebabkan filter menjadi kurang responsif terhadap perubahan data aktual, sehingga estimasi menjadi lebih halus namun cenderung terlambat mengikuti perubahan sinyal.



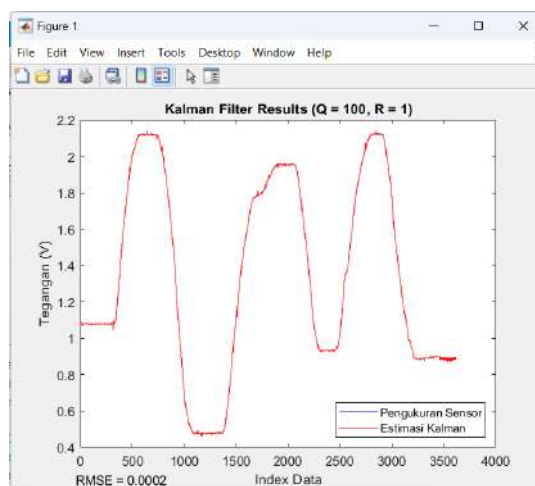
Gambar 4.24 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 1000$

Hasil observasi pada Gambar 4.24 merupakan hasil estimasi sinyal sensor loadcell menggunakan Kalman Filter dengan parameter $Q = 1$ dan $R = 1000$. Pada grafik ini, terlihat bahwa garis estimasi Kalman (merah) cenderung lebih halus namun mulai menyimpang dari data aktual sensor (biru) terutama pada area transisi naik dan turun. Hal ini menunjukkan bahwa nilai R yang terlalu besar menyebabkan filter menjadi kurang responsif terhadap perubahan data sensor, sehingga estimasi menjadi lambat dalam mengikuti fluktuasi sinyal sebenarnya. Nilai RMSE yang tercatat sebesar 0.1365, lebih tinggi dibandingkan dua konfigurasi sebelumnya, menunjukkan bahwa akurasi estimasi semakin menurun. Meskipun hasil kalman filter tampak lebih halus dibandingkan data asli sensor, namun estimasi yang dihasilkan terlihat terlalu jauh dari data sebenarnya.



Gambar 4.25 Kalman Filter dengan $Q = 1$ dan $R = 10000$

Hasil observasi pada Gambar 4.25 menunjukkan estimasi sinyal sensor menggunakan Kalman Filter dengan parameter $Q = 1$ dan $R = 10000$. Pada grafik terlihat bahwa garis estimasi Kalman (merah) semakin tidak responsif terhadap perubahan sinyal aktual dari sensor (biru). Estimasi tampak terlalu halus dan tertinggal cukup jauh dari perubahan nilai sensor, terutama saat terjadi perubahan yang cepat baik kenaikan maupun penurunan sinyal. Nilai RMSE meningkat menjadi 0.3110, menandakan penurunan akurasi estimasi secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai R yang terlalu besar menyebabkan filter lebih percaya pada hasil prediksinya sendiri dibandingkan data aktual dari sensor. Akibatnya, estimasi menjadi tidak mencerminkan perubahan berat sesungguhnya dan menyimpang dari kondisi asli.



Gambar 4.26 Kalman Filter dengan $Q = 100$ dan $R = 1$

Hasil estimasi Kalman Filter pada Gambar 4.26 menunjukkan penggunaan parameter $Q = 100$ dan $R = 1$. Pada kondisi ini, estimasi Kalman (garis merah) hampir identik dengan pengukuran sensor (garis biru), sehingga sulit dibedakan pada grafik. Estimasi tampak sangat responsif terhadap perubahan sinyal, mengikuti setiap fluktuasi data sensor secara langsung. Nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 0.0002, menunjukkan kesalahan estimasi yang sangat kecil. Namun, hal ini menunjukkan bahwa filter terlalu mengandalkan data sensor dan mengabaikan model prediksi. Meskipun estimasi menjadi sangat responsif terhadap perubahan sinyal, namun filter gagal meredam noise pada data sensor, sehingga kelebihan filter dalam menyaring gangguan menjadi tidak optimal. Konfigurasi ini tidak ideal untuk sistem dengan noise tinggi, karena filter bertindak hampir seperti data asli.

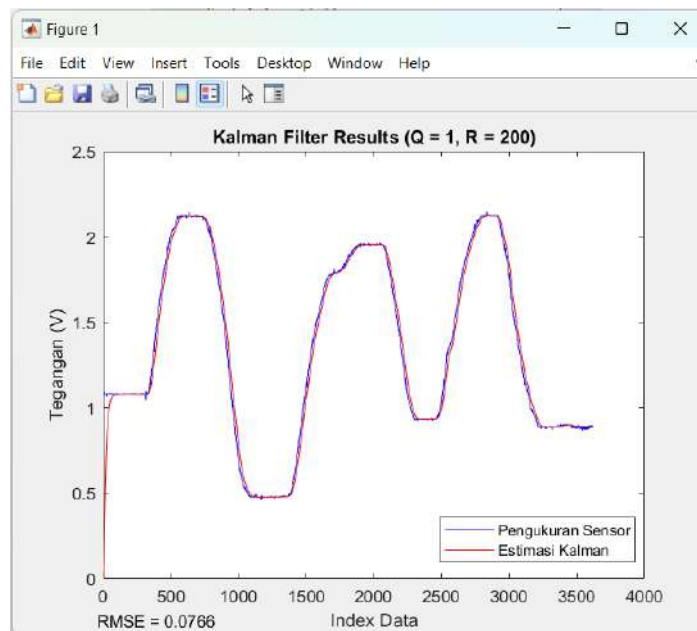
Berdasarkan hasil observasi terhadap perbandingan nilai Q dan R , diperoleh variasi nilai RMSE (*Root Mean Squared Error*) yang berbeda-beda. RMSE merupakan ukuran besar kesalahan atau deviasi antara hasil estimasi filter dengan data pembacaan sensor. Semakin kecil nilai RMSE, maka hasil estimasi filter semakin mendekati data aktual dari sensor. Rincian nilai RMSE dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Nilai RMSE Filter Terhadap Data Asli

Q	R	RMSE
1	10	0.0254
1	100	0.0600
1	1000	0.1365
1	10000	0.3110
100	1	0.0002

Berdasarkan hasil observasi terhadap data filter Kalman pada Tabel 4.14, dapat disimpulkan bahwa untuk memperoleh estimasi yang seimbang antara akurasi dan kestabilan, nilai R sebaiknya lebih besar dari nilai Q . Apabila nilai Q lebih besar dari R , filter menjadi terlalu sensitif terhadap perubahan data sensor sehingga estimasi menjadi tidak stabil dan cenderung mengikuti *noise*. Sebaliknya, ketika nilai R lebih besar, filter mampu menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan

meredam pengaruh *noise* dengan lebih baik. Selain itu, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) cenderung meningkat seiring dengan peningkatan nilai R pada Q yang tetap, menandakan bahwa pemilihan nilai Q dan R sangat berpengaruh terhadap kesalahan estimasi. Untuk perbandingan nilai Q dan R dapat dilihat pada gambar diatas dijelaskan bahwa semakin jauh perbandingan nilai Q dan R maka semakin jauh pula nilai estimasi yang didapatkan yang berakibat pembacaan filter semakin halus dan semakin tidak akurat. Dari hasil observasi yang telah dilakukan maka didapatkan hasil yang dianggap akurat dan dapat diterapkan pada pembacaan sensor ditunjukkan oleh Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Kalman Filter dengan $Q=1$ dan $R=200$

Pada Gambar 4.27 ditampilkan hasil pengamatan berupa perbandingan antara nilai $Q = 1$ dan $R = 200$. Berdasarkan hasil penyaringan tersebut, estimasi yang dihasilkan oleh filter tergolong halus dan tetap akurat karena nilai pembacaan masih sangat mendekati nilai sebenarnya.

4.4.1 Hasil Pengujian Alat Menggunakan Kalman Filter

Penerapan Kalman Filter pada ESP32 dilakukan setelah melalui tahap observasi dan pengujian nilai parameter Q dan R menggunakan MATLAB. Nilai optimal dari parameter tersebut kemudian diimplementasikan ke dalam kode ESP32

untuk menyaring pembacaan tegangan sensor. Program ini membaca nilai ADC dari pin 32 dengan memasukkan rumus di ESP32, Penerapan rumus tersebut dapat dilihat pada kode program 4.2.

```
// === Kalman Filter ===
estimateError += processNoise; //prediksi error kovarian
kalmanGain = estimateError / (estimateError + measurementError); // kalman gain
kalmanVoltage = kalmanVoltage + kalmanGain * (adjustedVoltage - kalmanVoltage); // update estimasi
estimateError = (1 - kalmanGain) * estimateError; // update error kovarian
```

Kode Program 4.2 Penerapan Rumus Kalman Filter pada ESP32

Pada sistem berbasis ESP32 yang digunakan dalam proyek ini, Kalman Filter diimplementasikan untuk meningkatkan akurasi pembacaan sensor dengan mengurangi fluktuasi data akibat noise. Kalman Filter bekerja dengan prinsip prediksi dan koreksi, di mana estimasi nilai diperbarui secara dinamis berdasarkan data sebelumnya dan pembacaan sensor terbaru.

Proses Kalman Filter dimulai dengan tahap prediksi untuk memperkirakan ketidakpastian estimasi. Dalam implementasi ini, prediksi dilakukan dengan menambahkan *process noise* (Q) ke dalam *error covariance* estimasi (P), yang direpresentasikan oleh variabel `estimateError`. Berdasarkan observasi, nilai $Q = 1$ diterapkan pada simulasi awal di MATLAB. Selanjutnya, *Kalman Gain* dihitung untuk menentukan bobot pembacaan sensor terhadap estimasi baru, menggunakan rumus $\text{kalmanGain} = \text{estimateError} / (\text{estimateError} + \text{measurementError})$, dengan *measurement noise* (R) sebesar 200 untuk mencerminkan ketidakpastian pengukuran sensor. Parameter $Q = 1$ dan $R = 200$ diuji di MATLAB untuk menghasilkan estimasi yang stabil dan tidak terlalu lambat.

Tahap koreksi estimasi kemudian dilakukan dengan memperbarui nilai estimasi berdasarkan pengukuran terbaru (`adjustedVoltage`), menggunakan rumus $\text{kalmanVoltage} = \text{kalmanVoltage} + \text{kalmanGain} * (\text{adjustedVoltage} - \text{kalmanVoltage})$. Variabel `kalmanVoltage` merepresentasikan estimasi yang telah diperhalus, lebih mendekati nilai sebenarnya dibandingkan data mentah sensor. Setelah koreksi, tingkat ketidakpastian estimasi diperbarui dengan rumus $\text{estimateError} = (1 - \text{kalmanGain}) * \text{estimateError}$.

Namun, saat algoritma diterapkan pada ESP32, pembacaan data menjadi lambat, sehingga parameter diubah menjadi $Q = 0.1$ dan $R = 0.5$ untuk mempercepat

proses tanpa mengorbankan akurasi secara signifikan. Hasil kalmanVoltage kemudian digunakan untuk mengestimasi berat dalam satuan kilogram, berdasarkan tegangan maksimum sensor, kapasitas beban maksimum, dan nilai koreksi skala. Pendekatan ini menghasilkan pembacaan berat yang konsisten, presisi, dan tahan terhadap *noise* sinyal sensor. Penerapan Kalman Filter pada ESP32 divisualisasikan menggunakan *Serial Plotter* untuk membandingkan grafik data sensor mentah dengan data yang telah difilter. Hasil visualisasi ditunjukkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Penerapan Kalman Filter Pada ESP32

Pada Gambar 4.28 menunjukkan hasil penerapan Kalman Filter pada sistem ESP32 dengan konfigurasi nilai $Q = 0.5$ dan $R = 0.5$, untuk garis berwarna biru adalah data sebelum di filter dan garis berwarna orange adalah data setelah di filter. Dari grafik tersebut terlihat bahwa filter mampu menyaring data sensor secara lebih halus, dengan hasil estimasi yang lebih mendekati nilai sebenarnya. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi nilai Q dan R yang digunakan menghasilkan performa filtrasi yang baik dan akurat dalam mengurangi noise pada pembacaan sensor.



Gambar 4.29 Pengujian Penerapan Kalman Filter Pada ESP32

Gambar 4.29 menunjukkan dokumentasi proses pengujian alat dengan penerapan Kalman Filter dan tanpa Kalman Filter untuk pembacaan berat. Langkah awal dilakukan dengan menimbang beban uji menggunakan timbangan digital sebagai referensi akurat, yaitu sebesar 5.00 kg dan 10.00 kg. Selanjutnya, pembacaan hasil pengukuran oleh sensor pada sistem ditampilkan melalui Serial Monitor. Tabel 4.15 adalah hasil pengujian alat menggunakan beban aktual 5 Kg, pada Tabel 4.16 hasil pengujian menggunakan beban aktual 10 Kg.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Tanpa Filter dan Dengan Filter Beban 5 Kg

Beban (Kg) (Fleco F- 200)	Pembacaan Tanpa Filter (Kg)	Pembacaan Dengan Filter (Kg)	Error Tanpa Filter %	Error Dengan Filter %
5.00	5.04	5.02	0.80	0.40
5.00	4.97	5.00	0.60	0.00
5.00	5.05	5.02	1.00	0.40
5.00	5.10	5.05	2.00	1.00
5.00	5.09	5.06	1.80	1.20
5.00	5.05	5.06	1.00	1.20
5.00	5.01	5.04	0.20	0.80
5.00	4.98	5.02	0.40	0.40
5.00	5.04	5.03	0.80	0.60
5.00	5.05	5.03	1.00	0.60
Rata-rata Error %			0.96	0.66

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Tanpa Filter dan Dengan Filter Beban 10 Kg

Beban (Kg) (Fleco F- 200)	Pembacaan Tanpa Filter (Kg)	Pembacaan Dengan Filter (Kg)	Error Tanpa Filter %	Error Dengan Filter %
10.00	9.97	9.99	0.30	0.10
10.00	10.07	10.02	0.70	0.20
10.00	10.06	10.03	0.60	0.30
10.00	10.02	10.03	0.20	0.30
10.00	10.03	10.03	0.30	0.30
10.00	10.11	10.06	1.10	0.60
10.00	10.03	10.05	0.30	0.50

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Tanpa Filter dan Dengan Filter Beban 10 Kg (Lanjutan)

Beban (Kg) (Fleco F- 200)	Pembacaan Tanpa Filter (Kg)	Pembacaan Dengan Filter (Kg)	Error Tanpa Filter %	Error Dengan Filter %
10.00	10.05	10.05	0.50	0.50
10.00	10.01	10.03	0.10	0.30
10.00	9.98	10.01	0.20	0.10
Rata-rata Error %			0.43	0.32

Pada Tabel 4.15 membandingkan hasil pengukuran beban 5 kg dalam dua kondisi, yaitu tanpa filter dan dengan filter. Pada pengukuran tanpa filter, hasil bervariasi antara 4,97 kg hingga 5,10 kg dengan persentase kesalahan 0,20%-2,00% rata-rata 0,96%, sedangkan dengan filter, pembacaan lebih stabil pada rentang 5,00 kg-5,06 kg dan kesalahan berkisar 0,00%-1,20% (rata-rata 0,66%). Data ini menunjukkan bahwa filter secara umum berhasil mengurangi variasi dan menurunkan kesalahan rata-rata sebesar 0,3%. Kemudian pada Tabel 4.16 menyajikan hasil serupa untuk beban 10 kg, di mana pengukuran tanpa filter menghasilkan variasi 9,97 kg-10,11 kg dengan kesalahan 0,10%-1,10% rata-rata 0,43%, sementara dengan filter menunjukkan hasil lebih konsisten pada 9,99 kg-10,06 kg dan kesalahan 0,10%-0,60% rata-rata 0,32%. Pola serupa terlihat dimana filter berhasil menurunkan kesalahan rata-rata sebesar 0,11%.

Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan Kalman Filter membawa dampak positif terhadap kualitas hasil pengukuran. Kalman Filter berkontribusi pada perbaikan signifikan dalam akurasi pembacaan berat, dengan selisih error rata-rata sebesar 0,3% untuk beban 5 kg dan 0,11% untuk beban 10 kg. Dengan mengintegrasikan Kalman Filter, data yang dihasilkan tidak hanya menjadi lebih stabil tetapi juga menunjukkan konsistensi yang lebih baik. Penggunaan filter ini berhasil mereduksi fluktuasi pengukuran, seperti terlihat dari penurunan persentase kesalahan maksimal dari 2,00% menjadi 1,20% pada beban 5 kg dan dari 1,10% menjadi 0,60% pada beban 10 kg. Jika dibandingkan dengan pembacaan tanpa filter, terjadi penurunan kesalahan yang jelas, mengindikasikan

efektivitas Kalman Filter dalam menyaring noise. Hasil ini membuktikan bahwa Kalman Filter merupakan komponen krusial untuk optimalisasi sistem penimbangan, khususnya dalam meningkatkan keandalan dan presisi data pengukuran berat pada berbagai rentang beban.

4.5 Hasil Pembahasan Implementasi Metode YOLO (*You Only Look Once*)

Metode YOLO digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek berdasarkan dataset yang telah disiapkan. YOLO dipilih karena kemampuannya dalam melakukan deteksi objek secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi serta efisiensi komputasi yang baik.








4.5.1 Persiapan Dataset dan Labeling

Tahap awal implementasi metode YOLO dimulai dengan proses pengumpulan dan pelabelan dataset sebagai fondasi utama dalam pelatihan model deteksi objek. Dataset yang digunakan terdiri dari 3.500 gambar, yang terbagi ke dalam 14 kelas kategori sampah. Setiap kelas terdiri dari kurang lebih 250 gambar, yang diklasifikasikan ke dalam empat belas kategori, yaitu Besi, Kaca, Karung, Kertas, Lainnya, Logam, PlastikA, PlastikB, PlastikC, PlastikD, PlastikE, PlastikF, Plastik Campur dan Plastik Lembar. Kategori ini dipilih berdasarkan klasifikasi sampah yang digunakan dalam sistem pengelolaan bank sampah Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.








Proses pelabelan objek dilakukan secara manual menggunakan platform makesense.ai, sebuah alat labeling online yang mendukung berbagai format ekspor, termasuk format yang kompatibel dengan YOLO. Setiap gambar dalam dataset diberi anotasi berupa bounding box yang mengelilingi objek sampah serta label kelas sesuai kategorinya. Setelah semua gambar selesai dilabeli, dataset diekspor dalam format .txt, di mana setiap file teks berisi informasi posisi dan kelas dari objek pada gambar terkait. Dataset kemudian diunggah ke platform Roboflow, yang digunakan untuk melakukan pembagian dataset secara otomatis dan sistematis. Di dalam Roboflow, dataset dikonversi ke format YOLOv5 dan dibagi ke dalam tiga subset, yaitu 70% untuk training, 20% untuk validation, dan 10% untuk testing.

Dengan persiapan dataset yang matang, proses pelatihan model YOLOv5s dapat dilakukan dengan lebih optimal karena didukung oleh data yang terstruktur, terannotasi dengan baik, dan terdistribusi secara proporsional. Tabel 4.17 menunjukkan contoh dataset untuk setiap kelas.

Tabel 4.17 Dataset Setiap Kelas

No	Kelas	Dataset
1.	besi	
2.	kaca	
3.	karung	
4.	kertas	
5.	lainnya	
6.	logam	
7.	plastikA	

Tabel 4.17 Dataset Setiap Kelas (Lanjutan)

No	Kelas	Dataset
8.	plastikB	
9.	plastikC	
10.	plastikD	
11.	plastikE	
12.	plastikF	
13.	plastikcampur	
14.	plastiklembar	

4.5.2 Pelatihan Model YOLOv5s

Setelah dataset selesai disiapkan dan dibagi, tahap selanjutnya adalah konfigurasi dan pelatihan model deteksi objek. Pada penelitian ini digunakan YOLOv5s, yaitu varian ringan dari keluarga YOLOv5 yang dirancang untuk efisiensi komputasi tanpa mengorbankan terlalu banyak akurasi. Pemilihan model YOLOv5s didasarkan pada pertimbangan ukuran model yang relatif kecil, kecepatan inferensi yang tinggi, serta kemampuannya untuk diterapkan pada perangkat dengan spesifikasi terbatas, seperti mikrokontroler.

Proses pelatihan dilakukan di lingkungan Google Colaboratory yang menyediakan akses GPU berbasis NVIDIA Tesla T4, sehingga pelatihan dapat dilakukan secara lebih cepat dibandingkan CPU. Untuk menjalankan pelatihan, digunakan repositori resmi YOLOv5 yang dikembangkan oleh Ultralytics, dengan memanfaatkan skrip `train.py` sebagai inti dari proses pelatihan dengan penyesuaian path dataset, file `.yaml`, dan file konfigurasi model. Parameter yang digunakan dalam pelatihan ini dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Parameter Pelatihan Model YOLOv5s

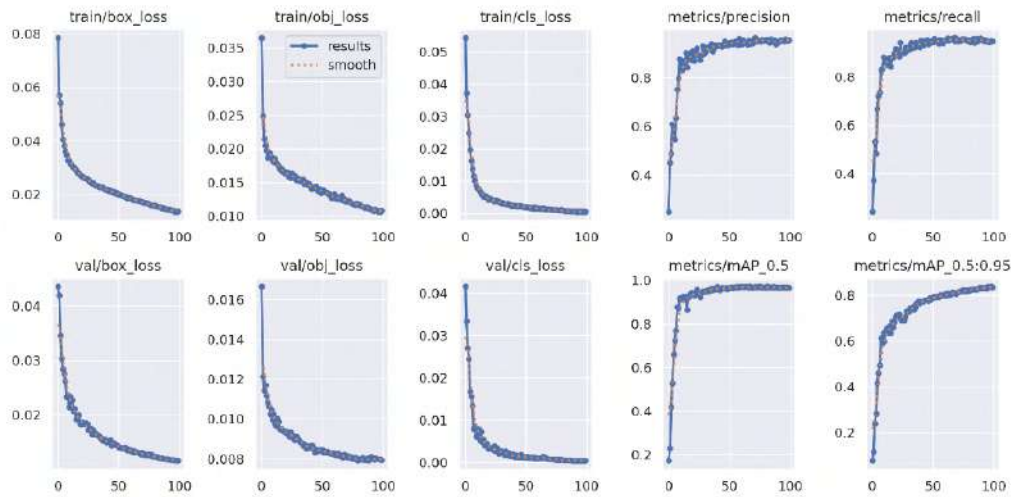
Parameter	Value
<i>Image Size</i>	640 x 640
<i>Batch Size</i>	16
<i>Epoch</i>	100

Parameter-parameter pelatihan yang digunakan terdiri dari ukuran gambar 640×640 piksel, batch size sebanyak 16, dan jumlah epoch sebanyak 100. Ukuran gambar ini merupakan standar input YOLOv5 yang memungkinkan model mengenali objek dengan detail yang cukup. Batch size 16 dipilih untuk menyeimbangkan antara efisiensi pelatihan dan keterbatasan memori GPU. Sementara itu, jumlah epoch 100 bertujuan untuk memberikan waktu belajar yang cukup bagi model agar dapat mengenali pola dan karakteristik objek secara optimal.

4.5.3 Hasil Training Dataset

Proses pelatihan model YOLOv5s berlangsung selama 100 epoch, dengan pemantauan terhadap berbagai metrik kinerja seperti *training loss*, *validation loss*,

Precision, Recall, dan mean Average Precision (mAP). Grafik hasil pelatihan dapat dilihat pada Gambar 4.30.

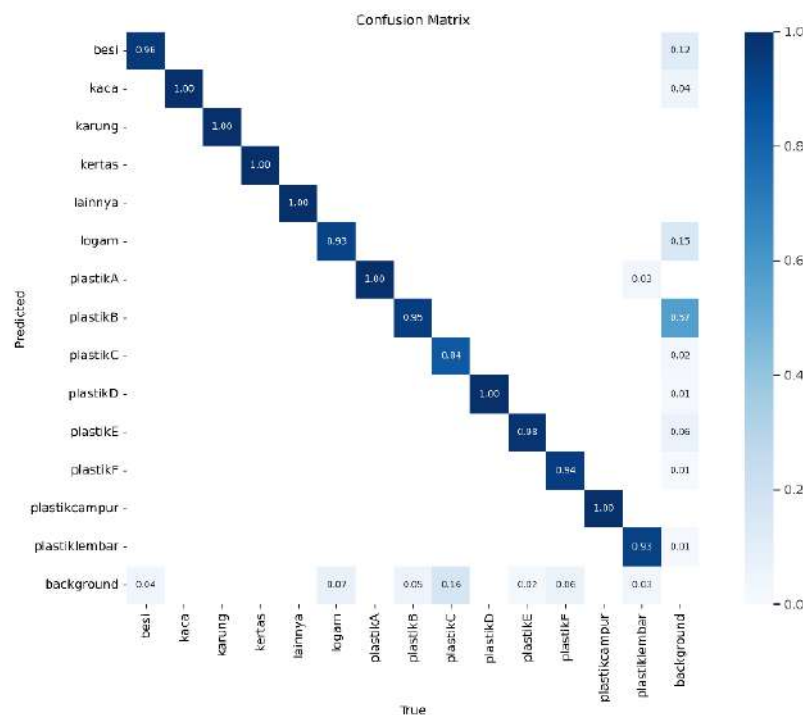


Gambar 4.30 Result Hasil Training

Pada Gambar 4.30 ditampilkan hasil pelatihan model deteksi objek yang telah berlangsung selama 100 epoch dan menunjukkan hasil yang sangat baik berdasarkan grafik metrik yang dihasilkan. Penurunan loss secara konsisten terjadi pada semua jenis loss, baik untuk data pelatihan maupun validasi. Pada grafik `train/box_loss`, `train/obj_loss`, dan `train/cls_loss`, terlihat penurunan tajam pada 10 – 20 epoch awal, yang kemudian melandai dan terus turun secara stabil hingga akhir pelatihan. Tren yang serupa juga terlihat pada `val/box_loss`, `val/obj_loss`, dan `val/cls_loss`, yang menunjukkan bahwa model tidak hanya belajar dengan baik dari data pelatihan, tetapi juga mampu mempertahankan performanya saat diuji pada data validasi. Ini menunjukkan bahwa model tidak mengalami overfitting. Untuk metrik evaluasi, grafik `metrics/precision` dan `metrics/recall` menunjukkan peningkatan signifikan dari awal pelatihan hingga mendekati nilai maksimum di atas 90%, yang menandakan bahwa model memiliki kemampuan deteksi yang tinggi dan konsisten dalam mengenali objek pada gambar. Nilai `mAP@0.5` meningkat tajam hingga mencapai hampir 1.00, sedangkan `mAP@0.5:0.95` juga menunjukkan tren naik yang stabil hingga mendekati 0.85 pada akhir pelatihan. Ini membuktikan bahwa model mampu menghasilkan bounding box yang presisi dan akurat terhadap berbagai variasi ukuran objek.

Secara keseluruhan, hasil pelatihan ini menunjukkan bahwa model YOLOv5s berhasil belajar dengan baik dari dataset yang telah disiapkan. Model menunjukkan performa yang optimal dan siap untuk digunakan dalam tahap pengujian serta integrasi ke dalam sistem deteksi sampah otomatis yang dikembangkan.

Selanjutnya, evaluasi performa model dilakukan menggunakan *Confusion Matrix* untuk mengukur kemampuan klasifikasi setiap kelas secara detail. Selain itu, tingkat akurasi model dalam membedakan kategori objek dinilai melalui metrik Akurasi, Presisi, Recall, dan F-Score.



Gambar 4.31 *Confusion Matrix*

Pada Gambar 4.31 *Confusion Matrix* yang ditampilkan menunjukkan performa model klasifikasi dalam memetakan prediksi terhadap kelas-kelas sebenarnya. Matriks ini memiliki baris yang merepresentasikan kelas sebenarnya (*True*) dan kolom yang merepresentasikan kelas yang diprediksi (*Predicted*). Pengukuran kinerja sistem berdasarkan data *Confusion Matrix* dapat dilakukan menggunakan beberapa matrik, seperti akurasi, presisi, *recall*, dan nilai *F-Score*. Berikut langkah menghitung metrik dari *Confusion Matrix* tersebut:

$$\begin{aligned}
 Accuracy &= \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \\
 &= \frac{13.53 + 14.00}{13.50 + 0.04 + 14 + 0.89} \\
 &= \frac{28.1}{29.03} = 0.96 \text{ atau } 96\%
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{4.2}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{4.3}$$

$$F\text{-Score} = 2 \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \tag{4.4}$$

Tabel 4.19 Evaluasi Performa Model Deteksi

No.	Kelas	TP	FP	FN	Presisi	Recall	F-Score
1.	besi	0.96	0.12	0.04	0.88	0.96	0.92
2.	kaca	1.00	0.04	0.00	0.96	1.00	0.98
3.	karung	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
4.	kertas	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
5.	lainnya	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
6.	logam	0.93	0.15	0.07	0.86	0.93	0.89
7.	plastikA	1.00	0.03	0.00	0.97	1.00	0.98
8.	plastikB	0.95	0.57	0.05	0.62	0.95	0.75
9.	plastikC	0.84	0.02	0.01	0.97	0.98	0.97
10.	plastikD	1.00	0.01	0.00	0.99	1.00	0.99
11.	plastikE	0.98	0.06	0.02	0.94	0.98	0.96
12.	plastikF	0.94	0.01	0.06	0.98	0.94	0.96
13.	plastikcampur	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
14.	plastiklembar	0.93	0.01	0.03	0.98	0.96	0.97

Tabel 4.19 menyajikan hasil evaluasi kinerja model klasifikasi terhadap 14 kelas, yaitu besi, kaca, karung, kertas, lainnya, logam, plastikA, plastikB, plastikC, plastikD, plastikE, plastikF, plastikcampur, dan plastiklembar, dengan menggunakan metrik Presisi, *Recall*, dan *F1-score*. Kelas karung, kertas, lainnya, dan plastikcampur memperoleh nilai presisi, recall, dan F1-score sebesar 1.00, yang menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan objek pada kelas-kelas

tersebut secara sempurna, tanpa menghasilkan kesalahan prediksi (*False Positive* dan *False Negative* bernilai nol). Selain itu, kelas kaca, plastikA, plastikC, plastikD, plastikE, plastikF, dan plastiklembar juga menunjukkan performa yang sangat baik dengan nilai Presisi dan *Recall* di atas 0.94 serta *F1-score* di atas 0.96, mengindikasikan tingkat akurasi model yang tinggi dalam mendeteksi objek pada kelas-kelas tersebut. Namun, performa model terhadap kelas besi, logam, dan terutama plastikB relatif lebih rendah. Pada kelas besi, model mencatatkan Presisi sebesar 0.889, *Recall* sebesar 0.96, dan *F1-score* sebesar 0.92, sedangkan kelas logam memperoleh Presisi 0.86, *Recall* 0.93, dan *F1-score* 0.89. Kelas plastikB menunjukkan performa paling rendah dibandingkan kelas lainnya, dengan Presisi 0.62, *Recall* 0.95, dan *F1-score* 0.75. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun model cukup baik dalam mengenali objek plastikB, masih terdapat sejumlah kesalahan klasifikasi yang cukup signifikan, terutama disebabkan oleh tingginya jumlah prediksi positif yang tidak tepat yaitu *False Positive* = 0.57.



4.5.4 Pengujian Model YOLOv5s terhadap Seluruh Kelas Objek

Pengujian model YOLOv5s dilakukan terhadap 14 kelas objek yang telah ditentukan sebelumnya dalam dataset. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana model mampu mengenali setiap kategori objek secara akurat, konsisten, dan dapat diandalkan berdasarkan hasil klasifikasi dan nilai confidence dari prediksi yang dihasilkan. Setiap kelas diuji dengan 10 citra uji, yang dipilih secara representatif untuk mencerminkan karakteristik visual dari masing-masing objek, seperti bentuk, warna, ukuran, dan tekstur.






Proses pengujian dilakukan secara sistematis, di mana hasil deteksi setiap citra direkam dalam bentuk tangkapan layar yang menampilkan posisi objek melalui bounding box beserta nilai confidence-nya. Dengan demikian, evaluasi ini tidak hanya menilai apakah prediksi yang dilakukan oleh model sesuai dengan label aktual, tetapi juga mengamati tingkat keyakinan model dalam proses deteksi tersebut. Data hasil pengujian kemudian diolah dan dianalisis untuk melihat performa model pada tiap kelas, termasuk stabilitas confidence dan akurasi klasifikasi. Dari sini, dapat diketahui apakah terdapat kelas tertentu yang sulit dikenali atau menghasilkan nilai confidence yang lebih rendah dibanding kelas lain.

Hasil ini sangat penting untuk mengidentifikasi potensi kelemahan model serta menjadi dasar untuk perbaikan, baik dari sisi kualitas data latih, teknik augmentasi, pemilihan parameter pelatihan, maupun penyesuaian ulang arsitektur model agar kinerja deteksi dapat lebih optimal di masa mendatang.

Tabel 4.20 Pengujian Kelas Kertas

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Kertas	Kertas	0.97	Benar
2.		Kertas	Kertas	0.94	Benar
3.		Kertas	Kertas	0.89	Benar
4.		Kertas	Kertas	0.82	Benar
5.		Kertas	Kertas	0.86	Benar







Tabel 4.20 Pengujian Kelas Kertas (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
6.		Kertas	Kertas	0.85	Benar
7.		Kertas	Kertas	0.87	Benar
8.		Kertas	Kertas	0.92	Benar
9.		Kertas	Kertas	0.90	Benar
10.		Kertas	Kertas	0.89	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.89	





Berdasarkan hasil pengujian yang tercantum pada Tabel 4.20, model YOLOv5s berhasil mendeteksi seluruh citra dalam kelas Kertas secara tepat sesuai dengan label aslinya. Rentang nilai confidence score berada antara 0.82 hingga 0.97, dengan rata-rata mencapai 0.89. Hal ini mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup andal dan konsisten dalam mengidentifikasi objek dari kategori tersebut. Stabilitas nilai confidence menunjukkan bahwa proses

deteksi berjalan dengan baik, serta model mampu mempertahankan tingkat keyakinan tinggi terhadap hasil klasifikasi pada setiap sampel uji.

Tabel 4.21 Pengujian Kelas PlastikA

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		PlastikA	PlastikA	0.95	Benar
2.		PlastikA	PlastikA	0.85	Benar
3.		PlastikA	PlastikA	0.96	Benar
4.		PlastikA	PlastikA	0.97	Benar
5.		PlastikA	PlastikA	0.97	Benar
6.		PlastikA	PlastikA	0.96	Benar

Tabel 4.21 Pengujian Kelas PlastikA (Lanjutan)







No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
7.		PlastikA	PlastikA	0.98	Benar
8.		PlastikA	PlastikA	0.97	Benar
9.		PlastikA	PlastikA	0.94	Benar
10.		PlastikA	PlastikA	0.93	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.94	

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 10 citra pada kelas PlastikA sebagaimana disajikan pada Tabel 4.21, model YOLOv5s menunjukkan kemampuan klasifikasi yang sangat baik. Seluruh objek berhasil dikenali dan diklasifikasikan secara benar sesuai dengan label aktual yang telah ditentukan dalam dataset. Nilai confidence score yang dihasilkan selama pengujian berada dalam rentang 0.85 hingga 0.98, dengan rata-rata sebesar 0.94, yang mencerminkan tingkat keyakinan model yang tinggi dan stabil terhadap prediksi yang dibuat.





Konsistensi nilai confidence ini menunjukkan bahwa model tidak hanya akurat, tetapi juga andal dalam mendeteksi objek dengan karakteristik visual khas dari kelas PlastikA. Tidak ditemukan indikasi ketidakpastian yang signifikan, baik

dalam hasil klasifikasi maupun skor kepercayaannya. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa model mampu mengenali objek dari kategori ini secara konsisten dan efektif.

Tabel 4.22 Pengujian Kelas PlastikB







No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		PlastikB	PlastikB	0.95	Benar
2.		PlastikB	PlastikB	0.95	Benar
3.		PlastikB	PlastikB	0.92	Benar
4.		PlastikB	PlastikB	0.95	Benar
5.		PlastikB	PlastikB	0.93	Benar
6.		PlastikB	PlastikB	0.88	Benar

Tabel 4.22 Pengujian Kelas PlastikB (Lanjutan)





No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
7.		PlastikB	PlastikB	0.52	Benar
8.		PlastikB	PlastikB	0.91	Benar
9.		PlastikB	PlastikB	0.95	Benar
10.		PlastikB	PlastikB	0.96	Benar
Rata-rata confidence Score				0.90	

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 10 citra pada kelas PlastikB sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.22, model YOLOv5s berhasil mengklasifikasikan seluruh citra dengan label yang sesuai dengan kondisi aktual. Nilai confidence score yang diperoleh berada pada rentang 0.52 hingga 0.96, dengan rata-rata sebesar 0.90. Walaupun seluruh klasifikasi dinyatakan benar, terdapat satu sampel dengan nilai confidence yang relatif rendah yaitu senilai 0.52, yang menunjukkan adanya kemungkinan ketidakpastian dalam proses deteksi pada kondisi tertentu. Namun secara umum, nilai rata-rata confidence yang tinggi menunjukkan bahwa model memiliki performa yang baik dan dapat diandalkan dalam mengenali objek kelas PlastikB.

Tabel 4.23 Pengujian Kelas PlastikC

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		PlastikC	PlastikC	0.94	Benar
2.		PlastikC	PlastikC	0.73	Benar
3.		PlastikC	PlastikC	0.92	Benar
4.		PlastikC	PlastikC	0.93	Benar
5.		PlastikC	PlastikC	0.93	Benar
6.		PlastikC	PlastikC	0.90	Benar







Tabel 4.23 Pengujian Kelas PlastikC (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
7.		PlastikC	PlastikC	0.83	Benar
8.		PlastikC	PlastikC	0.94	Benar
9.		PlastikC	PlastikC	0.92	Benar
10.		PlastikC	PlastikC	0.87	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.90	



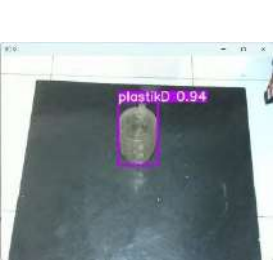

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 10 citra pada kelas PlastikC sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.23, model YOLOv5s berhasil mengklasifikasikan seluruh objek dengan label yang sesuai dengan kondisi aktual. Nilai confidence score yang diperoleh berkisar antara 0.73 hingga 0.94, dengan rata-rata sebesar 0.90. Walaupun semua klasifikasi dinyatakan benar, terdapat satu citra dengan nilai confidence di bawah 0.80, yaitu 0.73, yang menunjukkan adanya kemungkinan penurunan keyakinan model dalam kondisi visual tertentu. Meskipun

demikian, performa keseluruhan tetap tergolong baik, dan model menunjukkan kemampuan deteksi yang andal pada kelas PlastikC.

Tabel 4.24 Pengujian Kelas PlastikD

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		PlastikD	PlastikD	0.95	Benar
2.		PlastikD	PlastikD	0.95	Benar
3.		PlastikD	PlastikD	0.95	Benar
4.		PlastikD	PlastikD	0.92	Benar
5.		PlastikD	PlastikD	0.94	Benar
6.		PlastikD	PlastikD	0.90	Benar








Tabel 4.24 Pengujian Kelas PlastikD (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
7.		PlastikD	PlastikD	0.91	Benar
8.		PlastikD	PlastikD	0.95	Benar
9.		PlastikD	PlastikD	0.94	Benar
10.		PlastikD	PlastikD	0.90	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.94	




Berdasarkan hasil pengujian terhadap 10 citra pada kelas PlastikD, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.24, model YOLOv5s berhasil mengklasifikasikan seluruh sampel secara benar sesuai dengan label aktual. Nilai confidence score yang dihasilkan berada dalam rentang 0.90 hingga 0.95, dengan rata-rata sebesar 0.94. Seluruh prediksi dilakukan dengan tingkat keyakinan yang tinggi dan konsisten, tanpa adanya nilai yang menyimpang atau terlalu rendah. Konsistensi ini menunjukkan bahwa model memiliki pemahaman yang baik terhadap objek dalam kelas PlastikD. Dengan demikian, performa YOLOv5s dalam mendeteksi kategori

ini dapat dinilai sangat andal dan layak untuk diterapkan dalam sistem klasifikasi otomatis.

Tabel 4.25 Pengujian Kelas PlastikE

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		PlastikE	PlastikE	0.53	Benar
2.		PlastikE	PlastikE	0.73	Benar
3.		PlastikE	PlastikE	0.90	Benar
4.		PlastikE	PlastikE	0.73	Benar
5.		PlastikE	PlastikE	0.91	Benar
6.		PlastikE	PlastikE	0.89	Benar
7.		PlastikE	PlastikB	0.26	Salah








Tabel 4.25 Pengujian Kelas PlastikE (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
8.		PlastikE	PlastikE	0.91	Benar
9.		PlastikE	PlastikE	0.94	Benar
10.		PlastikE	PlastikE	0.87	Benar
Rata-rata nilai <i>confidence</i>				0.76	




Berdasarkan pengujian terhadap 10 gambar dalam kategori PlastikE yang dirangkum pada Tabel 4.25, model YOLOv5s mampu mengidentifikasi dengan tepat 9 gambar sesuai label aslinya. Satu gambar mengalami kesalahan klasifikasi, di mana sistem mengenalinya sebagai PlastikB dengan tingkat kepercayaan (confidence score) sebesar 0.26. Sementara itu, gambar-gambar yang berhasil terklasifikasi dengan benar menunjukkan confidence score berkisar antara 0.53 hingga 0.94, dengan rata-rata berada di angka 0.76. Temuan ini menunjukkan bahwa terdapat fluktuasi tingkat keyakinan yang cukup mencolok pada kelas PlastikE jika dibandingkan dengan kelas lainnya. Beberapa gambar uji memiliki nilai confidence yang tergolong rendah, dan bahkan terjadi satu kesalahan deteksi dengan nilai confidence yang juga rendah. Hal ini mencerminkan bahwa meskipun model memiliki performa yang cukup baik secara umum, kelas PlastikE menunjukkan ketidakkonsistenan dalam distribusi nilai keyakinan selama proses

deteksi, yang dapat berdampak pada akurasi klasifikasi secara keseluruhan untuk kelas tersebut.

Tabel 4.26 Pengujian Kelas PlastikF

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		PlastikF	PlastikF	0.91	Benar
2.		PlastikF	PlastikF	0.92	Benar
3.		PlastikF	PlastikF	0.97	Benar
4.		PlastikF	PlastikF	0.93	Benar
5.		PlastikF	PlastikF	0.95	Benar
6.		PlastikF	PlastikF	0.97	Benar
7.		PlastikF	PlastikF	0.89	Benar

Tabel 4.26 Pengujian Kelas PlastikF (Lanjutan)





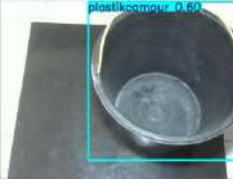


No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
8.		PlastikF	PlastikF	0.88	Benar
9.		PlastikF	PlastikF	0.93	Benar
10.		PlastikF	PlastikF	0.88	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.92	

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 10 citra pada kelas PlastikF, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4.26, model YOLOv5s berhasil mengklasifikasikan seluruh objek uji dengan benar sesuai label aktual pada dataset. Nilai confidence score yang diperoleh selama proses deteksi berkisar antara 0.88 hingga 0.97, dengan rata-rata mencapai 0.92, yang menandakan bahwa model tidak hanya akurat tetapi juga cukup percaya diri terhadap hasil prediksinya.




Distribusi confidence yang tergolong tinggi dan merata memperlihatkan bahwa performa model dalam mendeteksi objek kelas PlastikF bersifat stabil dan konsisten. Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik visual dari objek pada kelas ini, seperti bentuk atau warna, dapat dikenali dengan baik oleh model. Tidak terdapat indikasi ketidakpastian atau kesalahan klasifikasi pada sampel uji, yang menunjukkan bahwa pembelajaran terhadap kelas ini telah berjalan optimal.

Dengan demikian, model YOLOv5s menunjukkan performa yang sangat baik dalam mengenali kategori PlastikF.

Tabel 4.27 Pengujian Kelas Plastik Campur

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.91	Benar
2.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.86	Benar
3.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.89	Benar
4.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.72	Benar
5.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.60	Benar
6.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.79	Benar
7.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.59	Benar

Tabel 4.27 Pengujian Kelas Plastik Campur (Lanjutan)







No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
8.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.96	Benar
9.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.93	Benar
10.		Plastik Campur	Plastik Campur	0.80	Benar
Rata-rata confidence Score				0.80	

Berdasarkan Tabel 4.27, hasil deteksi klasifikasi citra menunjukkan bahwa semua gambar citra yang diuji, yaitu sebanyak 10 citra dengan kategori "Plastik Campur," berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh sistem deteksi. Nilai confidence score untuk setiap citra bervariasi antara 0.59 hingga 0.96, dengan rata-rata nilai confidence score sebesar 0.805. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi memiliki tingkat kepercayaan yang cukup tinggi dan konsisten dalam mengidentifikasi citra "Plastik Campur" secara akurat.




Tabel 4.28 Pengujian Kelas Besi

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Besi	Besi	0.97	Benar

Tabel 4.28 Pengujian Kelas Besi (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
2.		Besi	Besi	0.97	Benar
3.		Besi	Besi	0.97	Benar
4.		Besi	Besi	0.96	Benar
5.		Besi	Besi	0.97	Benar
6.		Besi	Besi	0.97	Benar
7.		Besi	Besi	0.97	Benar

Tabel 4.28 Pengujian Kelas Besi (Lanjutan)






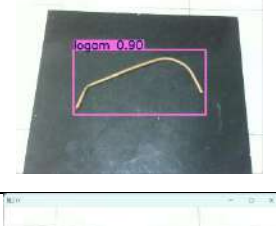
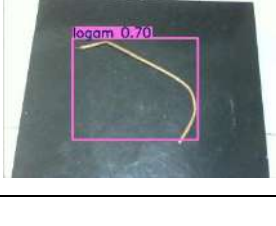
No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
8.		Besi	Besi	0.97	Benar
9.		Besi	Besi	0.85	Benar
10.		Besi	Besi	0.96	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.95	

Berdasarkan Tabel 4.28, hasil deteksi klasifikasi citra menunjukkan bahwa semua gambar citra yang diuji, yaitu sebanyak 10 citra dengan kategori "Besi," berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh sistem deteksi. Nilai confidence score untuk setiap citra bervariasi antara 0.85 hingga 0.97, dengan rata-rata nilai confidence score sebesar 0.95. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi memiliki tingkat kepercayaan yang sangat tinggi dan konsisten dalam mengidentifikasi citra "Besi" secara akurat.



Tabel 4.29 Pengujian Kelas Logam

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Logam	Logam	0.70	Benar

Tabel 4.29 Pengujian Kelas Logam (Lanjutan)



No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
2.		Logam	Logam	0.73	Benar
3.		Logam	Logam	0.79	Benar
4.		Logam	Logam	0.88	Benar
5.		Logam	Logam	0.75	Benar
6.		Logam	Logam	0.87	Benar
7.		Logam	Logam	0.90	Benar
8.		Logam	Logam	0.70	Benar

Tabel 4.29 Pengujian Kelas Logam (Lanjutan)








No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
9.		Logam	Logam	0.83	Benar
10.		Logam	Logam	0.82	Benar
Rata-rata confidence Score				0.79	

Berdasarkan Tabel 4.29, hasil deteksi klasifikasi citra menunjukkan bahwa semua gambar citra yang diuji, yaitu sebanyak 10 citra dengan kategori "Logam," berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh sistem deteksi. Nilai confidence score untuk setiap citra bervariasi antara 0.70 hingga 0.90, dengan rata-rata nilai confidence score sebesar 0.79. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi memiliki tingkat kepercayaan yang cukup tinggi dan konsisten dalam mengidentifikasi citra "Logam" secara akurat.


Tabel 4.30 Pengujian Kelas Kaca

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Kaca	Kaca	0.93	Benar
2.		Kaca	Kaca	0.94	Benar

Tabel 4.30 Pengujian Kelas Kaca (Lanjutan)




No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
3.		Kaca	Kaca	0.93	Benar
4.		Kaca	Kaca	0.95	Benar
5.		Kaca	Kaca	0.93	Benar
6.		Kaca	Kaca	0.94	Benar
7.		Kaca	Kaca	0.92	Benar
8.		Kaca	Kaca	0.93	Benar
9.		Kaca	Kaca	0.95	Benar

Tabel 4.30 Pengujian Kelas Kaca (Lanjutan)








No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
10.		Kaca	Kaca	0.93	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.93	

Berdasarkan Tabel 4.30, hasil deteksi klasifikasi citra menunjukkan bahwa semua gambar citra yang diuji, yaitu sebanyak 10 citra dengan kategori "Kaca," berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh sistem deteksi. Nilai confidence score untuk setiap citra bervariasi antara 0.92 hingga 0.95, dengan rata-rata nilai confidence score sebesar 0.93. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi memiliki tingkat kepercayaan yang sangat tinggi dan konsisten dalam mengidentifikasi citra "Kaca" secara akurat.

Tabel 4.31 Pengujian Kelas Plastik Lembar

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.85	Benar
2.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.96	Benar
3.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.90	Benar




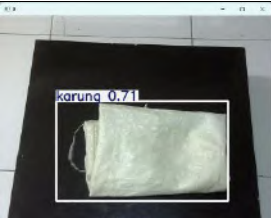


Tabel 4.31 Pengujian Kelas Plastik Lembar (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
4.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.90	Benar
5.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.95	Benar
6.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.95	Benar
7.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.96	Benar
8.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.91	Benar
9.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.96	Benar
10.		Plastik Lembar	Plastik Lembar	0.94	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.92	





Berdasarkan Tabel 4.31, hasil deteksi klasifikasi citra menunjukkan bahwa semua gambar citra yang diuji, yaitu sebanyak 10 citra dengan kategori "Plastik Lembar," berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh sistem deteksi. Nilai confidence score untuk setiap citra bervariasi antara 0.85 hingga 0.96, dengan rata-rata nilai confidence score sebesar 0.92. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi

memiliki tingkat kepercayaan yang sangat tinggi dan konsisten dalam mengidentifikasi citra "Plastik Lembar" secara akurat.

Tabel 4.32 Pengujian Kelas Karung

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Karung	Karung	0.88	Benar
2.		Karung	Karung	0.87	Benar
3.		Karung	Karung	0.92	Benar
4.		Karung	Karung	0.71	Benar
5.		Karung	Karung	0.91	Benar
6.		Karung	Karung	0.95	Benar







Tabel 4.32 Pengujian Kelas Karung (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
7.		Karung	Karung	0.92	Benar
8.		Karung	Karung	0.94	Benar
9.		Karung	Karung	0.92	Benar
10.		Karung	Karung	0.93	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.89	





Berdasarkan pada Tabel 4.32, hasil pengujian deteksi dan klasifikasi terhadap citra dalam kategori "Karung" menunjukkan performa yang sangat baik dari sistem deteksi berbasis model YOLOv5s. Dari total 10 citra yang diuji, seluruhnya berhasil diklasifikasikan dengan benar tanpa ada kesalahan deteksi. Ini mencerminkan akurasi klasifikasi yang sempurna pada kelas ini. Setiap citra yang teridentifikasi dengan benar memiliki nilai confidence score yang bervariasi antara 0.71 hingga 0.95, dengan nilai rata-rata mencapai 0.89. Rentang nilai ini menandakan bahwa model tidak hanya mampu mendeteksi objek dengan akurat, tetapi juga melakukannya dengan tingkat keyakinan yang tinggi dan stabil. Konsistensi dalam hasil ini memberikan bukti bahwa kelas "Karung" dapat dikenali

dengan baik oleh sistem. Dengan confidence score yang relatif tinggi dan tidak banyak fluktuasi, sistem deteksi menunjukkan keandalan dalam mengenali objek dari kategori "Karung" secara konsisten dan efektif.

Tabel 4.33 Pengujian Kelas Lainnya

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
1.		Lainnya	Lainnya	0.86	Benar
2.		Lainnya	Lainnya	0.66	Benar
3.		Lainnya	Lainnya	0.74	Benar
4.		Lainnya	Lainnya	0.65	Benar
5.		Lainnya	Lainnya	0.71	Benar
6.		Lainnya	Lainnya	0.63	Benar

Tabel 4.33 Pengujian Kelas Lainnya (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Klasifikasi		Confidence Score	Keterangan
		Aktual	Deteksi		
7.		Lainnya	Lainnya	0.52	Benar
8.		Lainnya	Lainnya	0.66	Benar
9.		Lainnya	Lainnya	0.75	Benar
10.		Lainnya	Lainnya	0.77	Benar
Rata-rata <i>confidence Score</i>				0.69	





Berdasarkan data pada Tabel 4.33, model YOLOv5s berhasil mengklasifikasikan seluruh citra dalam kelas "Lainnya" dengan benar. Namun, tingkat keyakinan (*confidence score*) yang ditunjukkan model cukup bervariasi, yaitu mulai dari 0.52 hingga 0.86, dengan nilai rata-rata hanya mencapai 0.69. Meskipun akurasi klasifikasinya tinggi, nilai rata-rata *confidence* yang relatif rendah menunjukkan bahwa model belum sepenuhnya yakin terhadap prediksinya pada kelas ini. Variasi *confidence* ini kemungkinan disebabkan oleh sifat kelas "Lainnya" yang terdiri dari berbagai objek dengan ciri visual yang berbeda-beda dan tidak konsisten. Keragaman tersebut membuat proses deteksi menjadi lebih

menantang, sehingga model kesulitan dalam mengenali pola visual secara seragam di setiap citra uji.





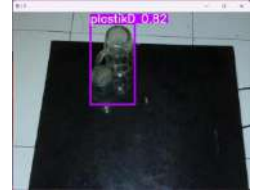


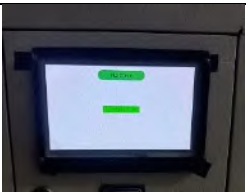

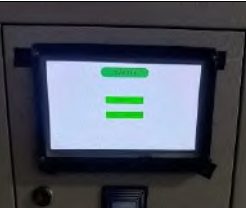

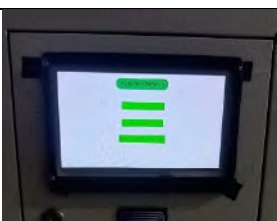


4.5.5 Hasil Integrasi Metode YOLOv5 pada Sistem

Integrasi sistem dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model YOLOv5 dalam mendeteksi objek-objek tertentu yang berfungsi sebagai pemicu perpindahan halaman pada antarmuka. Akurasi deteksi menjadi faktor penting agar sistem dapat merespons perintah visual dengan tepat. Dalam implementasinya, YOLOv5 dijalankan pada komputer untuk mendeteksi objek secara real-time melalui kamera. Ketika objek target teridentifikasi, hasil deteksinya dikonversi menjadi instruksi teks dan dikirim ke mikrokontroler ESP32 melalui komunikasi serial menggunakan USB to TTL. Setelah diterima, instruksi tersebut diproses oleh ESP32 untuk menghasilkan sinyal yang memicu perubahan tampilan halaman pada antarmuka pengguna. Sistem ini memungkinkan perubahan tampilan secara otomatis berdasarkan input visual dari kamera. Alur komunikasi antara modul deteksi visual dan pengendali tampilan berjalan secara efisien, menciptakan sistem interaktif yang responsif. Hasil pengujian terhadap proses deteksi dan respons ditampilkan pada Tabel 4.34 sebagai bukti keberhasilan integrasi antara YOLOv5 dan ESP32 dalam sistem ini.

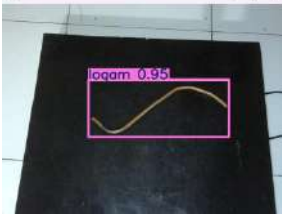




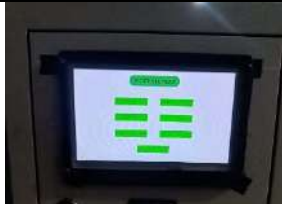



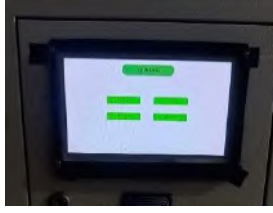
Tabel 4.34 Pengujian Metode YOLOv5s

No.	Gambar Citra	Kelas	Confidence Score	Aksi
1.		Kertas	0.94	
2.		PlastikA	0.96	

Tabel 4.34 Pengujian Metode YOLOv5s (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Kelas	Confidence Score	Aksi
3.		PlastikB	0.92	
4.		PlastikC	0.91	
5.		PlastikD	0.82	
6.		PlastikE	0.91	
7.		PlastikF	0.98	
8.		PlastikCampur	0.96	
9.		Besi	0.97	

Tabel 4.34 Pengujian Metode YOLOv5s (Lanjutan)

No.	Gambar Citra	Kelas	Confidence Score	Aksi
10.		Logam	0.95	
11.		Kaca	0.94	
12.		PlastikLembar	0.92	
13.		Karung	0.91	
14.		Lainnya	0.83	
Rata-rata nilai <i>confidence</i>			0.98	

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 4.34, sistem deteksi objek menggunakan YOLOv5s berhasil mengenali berbagai kategori sampah dengan baik. Deteksi dilakukan secara real-time melalui kamera, dan setiap objek yang berhasil dikenali menghasilkan output berupa perintah teks yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 melalui komunikasi serial USB to TTL. Perintah yang diterima diproses oleh ESP32 untuk mengatur perubahan halaman pada tampilan antarmuka HMI Nextion. Hasil menunjukkan bahwa tampilan HMI

selalu merespons sesuai dengan objek yang terdeteksi, seperti plastik, kaca, logam, karung, dan kertas, tanpa terjadi kesalahan atau keterlambatan yang signifikan. Proses deteksi juga menunjukkan performa kuantitatif yang baik, dengan rata-rata nilai *confidence* sebesar 0,98, yang menandakan tingkat kepercayaan model dalam mengenali objek berada dalam kategori sangat baik.

Secara keseluruhan, sistem telah berhasil mengintegrasikan deteksi visual dengan kendali tampilan secara efektif dan responsif. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara YOLOv5s, ESP32, dan HMI Nextion telah berhasil diimplementasikan dengan baik untuk mendukung otomatisasi alat dalam sistem pengolahan data visual secara real-time.

4.6 Hasil Perbandingan Proses

Subbab ini menguraikan perbandingan pelaksanaan proses berdasarkan durasi waktu yang dibutuhkan melalui tiga proses yang berbeda, yaitu proses konvensional, proses dengan input manual, serta proses otomatis yang menggunakan sistem terintegrasi. Pada proses konvensional, seluruh aktivitas dijalankan secara manual tanpa bantuan teknologi digital, seperti pencatatan menggunakan media kertas dan pengolahan data yang dilakukan secara tradisional. Pendekatan ini cenderung menghabiskan waktu lebih lama dan memiliki risiko kesalahan yang cukup tinggi. Selanjutnya, proses dengan input manual telah memanfaatkan komputer atau perangkat lunak tertentu untuk membantu pengolahan data, tetapi masih bergantung pada tenaga manusia dalam proses penginputan data. Walaupun lebih cepat dibandingkan proses konvensional, proses ini masih memerlukan waktu tambahan dan tidak lepas dari kemungkinan kesalahan input. Sebaliknya, proses otomatis telah mengintegrasikan komponen perangkat keras dan lunak dalam satu sistem kerja yang mampu menjalankan proses secara otomatis. Sistem ini memungkinkan pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data dilakukan secara real-time.

Perbandingan ketiga proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi seberapa besar efisiensi waktu yang dapat diperoleh melalui penerapan sistem otomatis, sekaligus memberikan gambaran yang lebih objektif terkait keunggulan teknologi

otomasi dalam meningkatkan kecepatan dan akurasi kerja dibandingkan dua proses lainnya.

Tabel 4.35 Perbandingan Waktu Proses

No.	Proses Konvensional (Menit)	Proses dengan Input Manual (Menit)	Proses dengan Sistem Otomatis (Menit)
1.	05.28	01.32	01.07
2.	04.31	01.25	01.42
3.	03.59	01.15	01.12
4.	05.24	01.21	01.24
5.	04.20	01.32	01.16
6.	05.43	01.14	01.10
7.	06.32	01.31	01.08
8.	05.37	01.51	01.36
9.	04.35	01.26	01.11
10.	04.07	01.29	01.23
Rata-Rata	04.92	1.31	1.19

Tabel 4.35 menyajikan hasil pengukuran waktu proses yang dilakukan dengan tiga pendekatan berbeda yaitu, proses konvensional, proses dengan input manual, dan proses dengan sistem otomatis. Berdasarkan data, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses secara konvensional adalah 4,92 menit, sedangkan pada proses dengan input manual sebesar 1,31 menit, dan pada sistem otomatis 1,19 menit. Untuk mengetahui seberapa besar efisiensi waktu yang diperoleh, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Efisiensi Waktu \% = \frac{waktu\ konvensional \times waktu\ sistem}{waktu\ konvensional} \times 100 \quad (4.5)$$

a) Efisiensi Waktu pada Proses dengan Input Manual

$$Efisiensi = \frac{4,92 \times 1,31}{4,92} \times 100 = \frac{3,61}{4,92} \times 100 = 73,37\%$$

b) Efisiensi Waktu pada Proses dengan Sistem Otomatis

$$Efisiensi = \frac{4,92 \times 1,19}{4,92} \times 100 = \frac{3,73}{4,92} \times 100 = 75,81\%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses dengan input manual berhasil menghemat waktu hingga 73,37%, sedangkan sistem otomatis mampu menghemat waktu lebih besar, yaitu sebesar 75,81% dibandingkan proses konvensional. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat otomatisasi, semakin tinggi pula efisiensi waktu yang dapat dicapai. Sistem otomatis secara konsisten memberikan waktu proses yang lebih cepat dan stabil, serta berpotensi meningkatkan produktivitas dan efektivitas kerja secara keseluruhan.

BAB 5

PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan juga saran dari Tugas Akhir yang telah dikerjakan. Berisi mengenai permasalahan yang terjadi saat proses pengerjaan Tugas Akhir dan analisa-analisa yang didapatkan selama pengerjaan Tugas Akhir sampai selesai.

4.7 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan pengujian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir yang berjudul “Implementasi Penghitung Harga Sampah Otomatis Dengan Identifikasi Jenis Sampah Menggunakan Pengolahan Citra Di Bank Sampah PPNS” ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem penghitung harga sampah otomatis yang dikembangkan mengintegrasikan hardware dan software untuk mengotomasi penimbangan, identifikasi jenis sampah, dan pencatatan data. Hasil pengujian pada 10 sampel menunjukkan rata-rata waktu proses konvensional sebesar 4,92 menit, input manual 1,31 menit, dan sistem otomatis 1,19 menit, menghasilkan penghematan waktu sebesar 75,81% dibandingkan metode konvensional. Sistem ini mengurangi ketergantungan pada input manual, mempercepat transaksi dari ± 5 menit menjadi sekitar 1 menit, dan meningkatkan efisiensi operasional Bank Sampah Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan Kalman Filter memberikan pengaruh nyata dalam mengurangi noise pada pembacaan sensor loadcell. Berdasarkan uji coba dengan dua variasi beban, yaitu 5 kg dan 10 kg, diperoleh bahwa rata-rata error pembacaan tanpa filter masing-masing sebesar 0,96% dan 0,43%. Setelah Kalman Filter diterapkan, nilai error tersebut menurun menjadi 0,66% untuk beban 5 kg dan 0,32% untuk beban 10 kg. Dengan demikian, Kalman Filter mampu meningkatkan akurasi pembacaan sebesar 31,25% pada beban 5 kg dan 25,58% pada beban 10 kg.

Penurunan error ini menunjukkan bahwa pembacaan berat menjadi lebih stabil dan lebih mendekati nilai aktual. Penerapan Kalman Filter membantu menghasilkan data yang lebih bersih dari gangguan sinyal dan lebih konsisten dalam proses penimbangan otomatis.

3. Algoritma YOLOv5s berhasil diintegrasikan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan 14 kategori sampah anorganik secara otomatis, seperti kertas, plastik, kaca, logam, dan karung. Dari 10 jenis sampel yang diuji, sistem berhasil mengklasifikasikan 9 kategori dengan benar, mencapai akurasi rata-rata 90,86%. Sistem ini berhasil mengubah tampilan HMI secara otomatis sesuai objek yang terdeteksi, memungkinkan deteksi real-time yang andal dan mendukung otomatisasi proses klasifikasi.
4. Integrasi teknologi (mikrokontroler, sensor loadcell, Kalman Filter, kamera, YOLO, aplikasi Android) memberikan dampak positif terhadap pengelolaan sampah di Bank Sampah PPNS. Sistem ini menghilangkan human error dalam pencatatan berat dan jenis sampah, meningkatkan akurasi dan objektivitas klasifikasi. Fitur dashboard admin dan laporan transaksi real-time memungkinkan nasabah memantau saldo dan riwayat transaksi secara transparan melalui aplikasi Android. Selain itu, sistem ini berkontribusi pada peningkatan skor UI GreenMetric PPNS dalam kategori pengelolaan limbah, mendukung keberlanjutan lingkungan melalui pengelolaan data yang lebih komprehensif dan proses daur ulang yang lebih terstruktur.

4.8 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dan ditingkatkan pada penelitian selanjutnya untuk mencapai hasil yang maksimal, yaitu :

1. Peningkatan Dataset dan Model Deteksi Sampah Untuk meningkatkan ketepatan dan konsistensi klasifikasi sampah, dataset perlu diperluas dengan gambar-gambar yang lebih beragam dari berbagai sudut, dan kondisi pencahayaan, Selain itu, membandingkan performa model YOLOv5 dengan versi yang lebih mutakhir seperti YOLOv8 dapat menjadi langkah strategis untuk mencapai deteksi yang lebih cepat dan akurat.

2. Pengembangan Sistem Pembayaran Digital dan Notifikasi Otomatis Sistem dapat ditingkatkan dengan mengintegrasikan layanan dompet digital seperti OVO, DANA, GoPay, atau QRIS untuk mempermudah transaksi insentif sampah. Penambahan fitur notifikasi otomatis melalui WhatsApp API, email, atau notifikasi push pada aplikasi Android juga dapat meningkatkan kenyamanan dan transparansi bagi pengguna
3. Pemanfaatan Data Transaksi untuk Monitoring dan Pengambilan Keputusan, dengan hanya menangani sampah anorganik, sistem sebaiknya dilengkapi dengan fitur dashboard analitik yang menampilkan statistik penyetoran berdasarkan kategori, volume, dan nilai transaksi. Hal ini akan sangat membantu pengelola dalam mengambil keputusan operasional maupun strategi edukasi lingkungan berbasis data.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, H. *et al.* (2025) ‘Detektif Sampah : Klasifikasi Jenis Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Metode YOLOv5 Berbasis Website’, 3(2), pp. 128–135.
- Adi, M.A. *et al.* (2024) ‘Implementasi Sistem Deteksi Titik Api Pada area graving dock Menggunakan YOLOv5’, *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 11(2), pp. 473–482. Available at: <https://doi.org/10.33795/elkolind.v11i2.5233>.
- Alfarizi, M.R.S. *et al.* (2023) ‘Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman untuk Machine Learning dan Deep Learning’, *Karya Ilmiah Mahasiswa Bertauhid (KARIMAH TAUHID)*, 2(1), pp. 1–6.
- Alfian, R.I., Ma’Arif, A. and Sunardi, S. (2021) ‘Noise reduction in the accelerometer and gyroscope sensor with the Kalman filter algorithm’, *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(3), pp. 180–189. Available at: <https://doi.org/10.18196/jrc.2375>.
- Anggraini, Y. *et al.* (2020) ‘Sistem Informasi Penjualan Sepeda Berbasis Web Menggunakan Framework Codeigniter’, *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 1(2), pp. 64–70. Available at: <https://doi.org/10.33365/jtsi.v1i2.236>.
- Bayu, R.B.S., Astutik, R.P. and Irawan, D. (2021) ‘Rancang Bangun Smarthome Berbasis Qr Code Dengan Mikrokontroller Module Esp32’, *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 2(01), pp. 47–60. Available at: <https://doi.org/10.31328/jasee.v2i01.60>.
- BETA, S. and Astuti, S. (2019) ‘Modul Timbangan Benda Digital’, *Orbit*, 15(1), pp. 10–15.
- Deri Setiawan, Basuki Rahmat and Wahyu SJ Saputra (2023) ‘Iot Pengendalian Keamanan Pintu Rumah Otomatis Menggunakan E-Ktp Berbasis Mikrokontroler Esp32’, *Jurnal Informatika Dan Tekonologi Komputer (JITEK)*, 3(3), pp. 187–191. Available at: <https://doi.org/10.55606/jitek.v3i3.1991>.
- Djokorayono, R. *et al.* (2021) ‘RANCANG BANGUN SISTEM MONITOR RADIASI GAMMA DILENGKAPI TRANSMITTER SIGNAL 4-20mA PADA INSTALASI PENGOLAHAN BAHAN BAKAR NUKLIR’, *PRIMA-Aplikasi dan Rekayasa dalam Bidang Iptek Nuklir*, 18(1), pp. 41–50.

Dwiyanto, R., Widodo, D.W. and Kasih, P. (2022) 'Implementasi Metode You Only Look Once (YOLOv5) Untuk Klasifikasi Kendaraan Pada CCTV Kabupaten Tulungagung', *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 1(1), pp. 102–104.

Fambudi, J.S., Syai, M. and Adhitya, R.Y. (2024) 'Penerapan Kalman Filter Pada Pembacaan Sensor Loadcell Berbasis PLC Siemens S7-1200', 11(September), pp. 700–707.

Fatwa, M. *et al.* (2022) 'Pengaplikasian Matlab pada Perhitungan Matriks', *Papanda Journal of Mathematics and Science Research*, 1(2), pp. 81–93. Available at: <https://doi.org/10.56916/pjmsr.v1i2.260>.

Febrianti, T. and Harahap, E. (2021) 'Penggunaan Aplikasi MATLAB Dalam Pembelajaran Program Linear', *Jurnal Matematika*, 20(1), pp. 1–7.

Feryanti, F. *et al.* (2023) 'Smart Bag Pendeteksi Berat yang Dilengkapi dengan Sensor Load Cell dengan Metode Brainstorming', *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 6(1), pp. 365–370. Available at: <https://doi.org/10.32734/ee.v6i1.1831>.

Fiddariani, A.S. and Sumanto, B. (2024) 'Studi Penerapan Filter Digital pada Sistem Pemantau Parameter di Kolam Ikan', *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 5(1), p. 30. Available at: <https://doi.org/10.22146/juliet.v5i1.87377>.

Hartati, T. *et al.* (2024) 'Penerapan Algoritma Naive Bayes pada Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi Whoosh – Kereta Cepat Di Google Play Store', 6(1), pp. 244–249.

Hikmah Perkasa, D., Fathihani and Apriani, A. (2021) 'Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pendirian Bank Sampah Di Kelurahan Tanjung Duren', *Jurnal Pengabdian Masyarakat (ANDHARA)*, 1(2), pp. 19–27. Available at: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jpmk/>.

Khairunnas, K., Yuniarno, E.M. and Zaini, A. (2021) 'Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot', *Jurnal Teknik ITS*, 10(1). Available at: <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.61622>.

Kristiady, J. and Gundo, A.J. (2022) 'Perancangan Aplikasi Presensi Siswa Berbasis Website di SMK Negeri 1 Tenganan Menggunakan Webcam dan GPS Guna Mengurangi Risiko Penularan Virus COVID-19', *Jurnal Ilmiah Wahana*

Pendidikan, 8(12), pp. 414–427.

Laily Fithri, D. *et al.* (2024) ‘Pengelolaan Bank Sampah Muria Berseri berbasis Digital Desa Gondangmanis Kabupaten Kudus’, *ABDINE: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1), pp. 51–58. Available at: <https://doi.org/10.52072/abdine.v4i1.825>.

Maarif, A., Puriyanto, R.D. and Hasan, F.R.T. (2020) ‘Robot Keseimbangan dengan Kendali PID dan Kalman Filter’, *It Journal Research and Development*, 4(2), pp. 117–127. Available at: [https://doi.org/10.25299/itjrd.2020.vol4\(2\).3900](https://doi.org/10.25299/itjrd.2020.vol4(2).3900).

Mandiri, U.N., Bina, U. and Informatika, S. (2024) ‘Perancangan Sistem Adminisatrasi Penjualan pada PT SurMoRin dengan Menggunakan PHP dan MYSQL’, 13, pp. 1641–1650.

Margono, T. and Ariyansah, R. (2023) ‘Perancangan Dan Pabrikasi Mesin Pemotong Material Plastik Sedotan Dengan Air Cylinder Berbasis Plc Omron Sysmac Cp1E’, *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan dan Sains*, 3(1), pp. 28–38. Available at: <https://doi.org/10.30598/metiks.2023.3.1.28-38>.

Martua, J.S. and Toba, H. (2024) ‘Pembuatan Modulskema Penelitianpada Sistem Informasi Lppm’, *STRATEGI: Sarana Tugas Akhir Mahasiswa Teknologi Informasi*, 6, pp. 151–164. Available at: <https://strategi.it.maranatha.edu/index.php/strategi/article/view/496>.

Mauladi, M.R. *et al.* (2020) ‘Aplikasi Teknologi Citra untuk Memilah Tingkat Kerusakan Kulit Benih Kedelai Varietas Anjasmoro’, ... *and National Seminar*, pp. 26–27. Available at: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1969%0Ahttps://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/1969/1539>.

Muhammad, A.I.A.F.H.K. (2024) ‘Rancang Bangun Kontrol Bel Otomatis Berdasarkan Jadwal Perkuliahan Menggunakan Internet of Things (IoT)’, *Modem : Jurnal Informatika dan Sains Teknologi*, 2(4).

Putra, M.N. (2024) ‘Bahasa Pemrograman Java’, (October), pp. 0–3.

Rajagukguk, I. *et al.* (2025) ‘Perancangan Aplikasi Edukasi Untuk Siswa Sekolah Dasar Menggunakan Android Studio’, *Jurnal Riset Sistem Informasi dan Aplikasi Komputer*, 1(1), pp. 27–36. Available at:

<https://jrsikom.my.id/index.php/ejournal/article/view/5/5>.

Rebouças de Carvalho, L. and Favacho de Araújo, A.P. (2019) 'Framework Node2FAAS: Automatic nodejs application converter for function as a service', *CLOSER 2019 - Proceedings of the 9th International Conference on Cloud Computing and Services Science*, (Closer), pp. 271–278. Available at: <https://doi.org/10.5220/0007677902710278>.

Romadloni, F. *et al.* (2023) 'Identifikasi Warna Buoy Menggunakan Metode You Only Look Once Pada Unmanned Surface Vehicle', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 10(1), pp. 23–29. Available at: <https://doi.org/10.21107/triac.v10i1.19650>.

Sahi, A. (2020) 'Aplikasi Test Potensi Akademik Seleksi Saringan Masuk LP3I Berbasis Web Online menggunakan Framework Codeigniter', *Tematik*, 7(1), pp. 120–129. Available at: <https://doi.org/10.38204/tematik.v7i1.386>.

Santoso, L.H. *et al.* (2024) 'Perancangan Alat Pendeteksi Kualitas Udara Dan Sistem Filter Udara Dengan Antarmuka Visual HMI Nextion', 2(2), pp. 2964–5352.

Sawalinto, S., Erwansyah, K. and Ibnutama, K. (2023) 'Sistem Penimbangan Daging Ayam Berbasis Web Menggunakan NodeMCU ESP8266', *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 2(5), pp. 268–277. Available at: <https://doi.org/10.53513/jursik.v2i5.7445>.

Septiani, E. (2022) 'Rancang Bangun Alat Shaker Dengan Input Menggunakan Keypad Berbasis Arduino', pp. 1–48.

Sibuea, S. and Saftaji, B. (2020) 'Perancangan Sistem Monitoring Beban Kendaraan Menggunakan Teknologi Sensor Load Cell', *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, 6(2), pp. 144–156. Available at: <https://doi.org/10.37012/jtik.v6i2.309>.

Sri Hartati (2020) 'Perancangan Sistem Informasi Inventaris Barang Pada Kantor Notaris Dan Ppat Ra Lia Kholila, Sh Menggunakan Visual Studio Code', *Siskomti*, 2(2), pp. 37–48.

Susim, T. and Darujati, C. (2021) 'Pengolahan Citra untuk Pengenalan Wajah (Face Recognition) Menggunakan OpenCV', *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3), pp. 534–545. Available at: <https://doi.org/10.46799/jsa.v2i3.202>.

Syam, A.A., Rifka, S. and Aulia, S. (2021) 'Implementasi Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Daun Tanaman Obat Menggunakan Levenberg-Marquardt Backpropagation', *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 13, pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.30630/eji.0.0.176>.

Taruna, D., Fauzi, A. and Aruan, M.C. (2021) 'Aplikasi Pengenalan Dan Pencegahan Bencana Kebakaran Api Yang Disebabkan Oleh Manusia (Human Error) Berbasis Android', *Semna Ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi)*, pp. 1–7.

Utami, M.I. and Fitria Ningrum, D.E.A. (2020) 'Proses Pengolahan Sampah Plastik di UD Nialdho Plastik Kota Madiun', *Indonesian Journal of Conservation*, 9(2), pp. 89–95. Available at: <https://doi.org/10.15294/ijc.v9i2.27347>.

Virgian, D. and Sakti, S.Y. (2022) 'Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Menggunakan Sensor Mq-2 Dan Flame Sensor Berbasis Web', *Konferensi Nasional Ilmu Komputer (KONIK) 2020*, pp. 404–410. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/347506161>.

Wulandari, C.F. and Fadlil, A. (2023) 'Center of Pressure Control for Balancing Humanoid Dance Robot Using Load Cell Sensor, Kalman Filter and PID Controller', *Control Systems and Optimization Letters*, 1(2), pp. 75–81. Available at: <https://doi.org/10.59247/csol.v1i2.22>.

Yusari, T. and Purwohandoyo, J. (2020) 'Potensi timbunan sampah plastik di Kota Yogyakarta tahun 2035', *Jurnal Pendidikan Geografi*, 25(2), pp. 88–101. Available at: <https://doi.org/10.17977/um017v25i22020p088>.

Zhou, F., Zhao, H. and Nie, Z. (2021) 'Safety Helmet Detection Based on YOLOv5', *Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications, ICPECA 2021*, pp. 6–11. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICPECA51329.2021.9362711>.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

BIODATA MAHASISWA

1. Nama : Firstama Yusuf Noor
2. NRP : 0921040001
3. Program Studi : Teknik Otomasi
4. Agama : Islam
5. Status : Belum Menikah
6. Alamat Asal : Jl. Gubernur Suryo 11F/07 Gresik
7. Nomor Telepon : 085748048934
8. Jenis Kelamin : Laki-Laki
9. Email : firstama.yusuf@student.ppns.ac.id
10. Tempat, Tanggal Lahir : Gresik, 21 Maret 2001
11. Nama Orang Tua : Karsin
12. Alamat Orang Tua : Desa Gedang Kulut RT. 02/ RW. 01, Cerme, Gresik
13. Telepon Orang Tua : 085156581907



PENDIDIKAN FORMAL

Pendidikan	Tahun	Tempat Pendidikan	Jurusan
Diploma IV	2021 - Sekarang	Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya	Teknik Otomasi
SMK	2017 - 2021	SMK Negeri 1 Cerme Gresik	Teknik Otomasi Industri
SMP	2014 - 2017	SMP Negeri 2 Gresik	-
SD	2008 - 2014	MI Miftahul Ulum Gresik	-