

**PURWARUPA ALAT SORTIR OTOMATIS BERBASIS *QR*
CODE UNTUK TUJUAN PENGIRIMAN BARANG
*LAST MILE LOGISTIC***

TUGAS AKHIR



DISUSUN OLEH:

SANG AYU PUTU ETASARI

2202023

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN LOGISTIK**

2025

**PURWARUPA ALAT SORTIR OTOMATIS BERBASIS *QR*
CODE UNTUK TUJUAN PENGIRIMAN BARANG
*LAST MILE LOGISTIC***

TUGAS AKHIR

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Manajemen Logistik
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Logistik



DISUSUN OLEH:

SANG AYU PUTU ETASARI

2202023

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN LOGISTIK**

2025

**HALAMAN PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**PURWARUPA ALAT SORTIR OTOMATIS BERBASIS *QR CODE* UNTUK
TUJUAN PENGIRIMAN BARANG
*LAST MILE LOGISTIC***

Disusun Oleh:

**SANG AYU PUTU ETASARI
2202023**

Disetujui untuk diajukan pada

Sidang Tugas Akhir

Program Studi Diploma III Manajemen Logistik

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I



Ahmad Soimun, S.T., M.T
NIP. 19900407 201902 1 001

DOSEN PEMBIMBING II



Hendra Yuda Novianto, S.E., M.AP
NIP. 19771105 201012 1 001

Tanggal: 24 Juni 2025

Tanggal: 24 Juni 2025

Ditetapkan di: Tabanan

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PURWARUPA ALAT SORTIR OTOMATIS BERBASIS *QR CODE* UNTUK
TUJUAN PENGIRIMAN BARANG
*LAST MILE LOGISTIC***

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

SANG AYU PUTU ETASARI

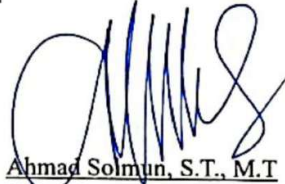
2202023

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 1 JULI 2025
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYRAT**

Tim Penguji



Nengah Widiangga Gautama, S.T., M.T
NIP. 19781209 200912 1 002



Ahmad Solimun, S.T., M.T
NIP. 19900407 201902 1 001



Anggun Prima Gilang Rupaka, S.P., M.Si
NIP. 19870423 201902 1 003



Hendra Yuda Novianto, S.E., M.AP
NIP. 19771105 201012 1 001

Mengetahui,

**KETUA PROGRAM STUDI
D-III MANAJEMEN LOGISTIK**



Nengah Widiangga Gautama, S.T., M.T
NIP. 19781209 200912 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis Sang Ayu Putu Etasari, NIM 2202023, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**Purwarupa Alat Sortir Otomatis Berbasis QR Code Untuk Tujuan Pengiriman Barang Last Mile Logistic**" merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Tugas Akhir ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau kesarjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Darat Bali.

Tabanan, 24 Juni 2025

Penulis



Sang Ayu Putu Etasari

NIM 2202023

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Lokah Smastah Sukhino Bhavantu"

PERSEMBAHAN

Terima Kasih Tuhan Ida Sang Hyang Widhi Wasa karena atas kuasa-Nya Tugas Akhir inilah yang menjadi persembahan penutup penulis selama menempuh pendidikan 3 tahun di Politeknik Transportasi Darat Bali.

Sebagai anak pertama, penulis berterima kasih kepada Ayah penulis terkuat Sang Ketut Artana dan Ibu penulis terkasih Ni Ketut Sariani. Sebab dari doa yang berisi nama anak-anaknya yang penulis yakin telah dibawa mengitari seluruh Pura Khayangan Jagat yang ada di Pulau Bali dan sekitarnya, penulis mempersembahkan tulisan penutup ini kepada mereka.

Kepada adik penulis Sang Made Egar yang teramat penulis sayangi, semoga apapun yang kau inginkan adalah hal baik, semoga apapun yang kamu doakan membawakan kebahagiaan dan semoga apapun yang kamu lakukan berhasil hingga dikemudian hari kita tidak lagi memusingkan halaman rumah yang tidak disapu di sore hari. Sebab malam itu saat penulis kelelahan menyelesaikan soal SKD, dia membawa penulis mengelilingi sepiunya kota Bangli di malam hari untuk mencari Indomaret/Alfamart 24 jam, penulis persembahkan tulisan ini kepada adik penulis.

Tidak lupa bagian utamanya, Politeknik Transportasi Darat Bali dengan Prodi D-III Manajemen Logistik yang membuat penulis tumbuh sejauh ini. Sebab indahnya setiap lantunan doa yang penulis panjatkan dibawah langit Poltrada, disaksikan warna langit di setiap menjelang sore hari dan selalu terkabul diatas aspal hitam Poltrada, penulis persembahkan segala upaya penulis untuk Poltrada, khususnya prodi D-III Manajemen Logistik yang menjadi rumah penulis selama pendidikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Ida Sang Hyang Widhi Wasa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Purwarupa Alat Sortir Otomatis Berbasis *QR Code* untuk Tujuan Pengiriman Barang *Last Mile Logistic*”** dengan tepat waktu. Pada kesempatan ini pula penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayah penulis Sang Ketut Artana dan Ibu penulis Ni Ketut Sariani yang selalu memberikan segalanya untuk mendukung penulis, serta adik penulis Sang Made Egar yang selalu menjadi kebanggaan penulis dalam doa.
2. Ibu Firga Ariani, S.E., M.M.Tr selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali.
3. Bapak Nengah Widiangga Gautama, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Diploma III Manajemen Logistik.
4. Bapak Ahmad Soimun, S.T., M.T yang senantiasa membantu dan memahami setiap langkah pembuatan dan penyelesaian tugas akhir ini selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Hendra Yuda Novianto, S.E., M.AP yang senantiasa memastikan anak bimbingannya mendapatkan hasil terbaik untuk penyelesaian tugas akhir ini selaku Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Dosen Program Studi Diploma III Manajemen Logistik yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan, beserta seluruh staf program studi.
7. J&T Ekspres Cabang Bangli yang telah memberikan kesempatan kegiatan observasi lapangan kepada penulis.
8. Keluarga besar Sang Kaler yang mendukung penulis untuk menjadi perempuan yang melanjutkan pendidikannya.
9. Rekan Manajemen Logistik Angkatan 2022 khususnya kelas A yang menjadi sumber tawa penulis selama pendidikan.
10. Rekan Angkatan 2022 yang selalu menjadi motivasi lebih baik.

11. Keluarga asuh penulis Karuna Sindhu yang selalu memberi selamat dan semangat.
 12. Sahabat dekat penulis Dinda Shita Putri Maheswari, Putu Kaori Arya Santhi, Ni Made Denisa Hart Aishwarya yang selalu ada menemani keluh kesah penulis yang sama dalam waktu 6 tahun terakhir dan semoga selamanya seperti itu.
 13. Teman penulis Ida Ayu Gede Widiadnyani Aproditha Mahadewi yang penulis temui dari semenjak Sekolah Dasar sampai saat ini hampir 15 tahun lamanya yang tidak pernah penulis lupa meminta doanya, pasti selamanya begitu.
 14. I Kadek Edwin Gustiana satu orang yang hadir di dekat penulis dari awal pencarian kampus sampai terselesainya pendidikan penulis.
- Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun dibutuhkan bagi perbaikan penulisan. Semoga naskah ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu bidang transportasi khususnya bidang logistik.

Tabanan, 24 April 2025

Penulis,

Sang Ayu Putu Etasari

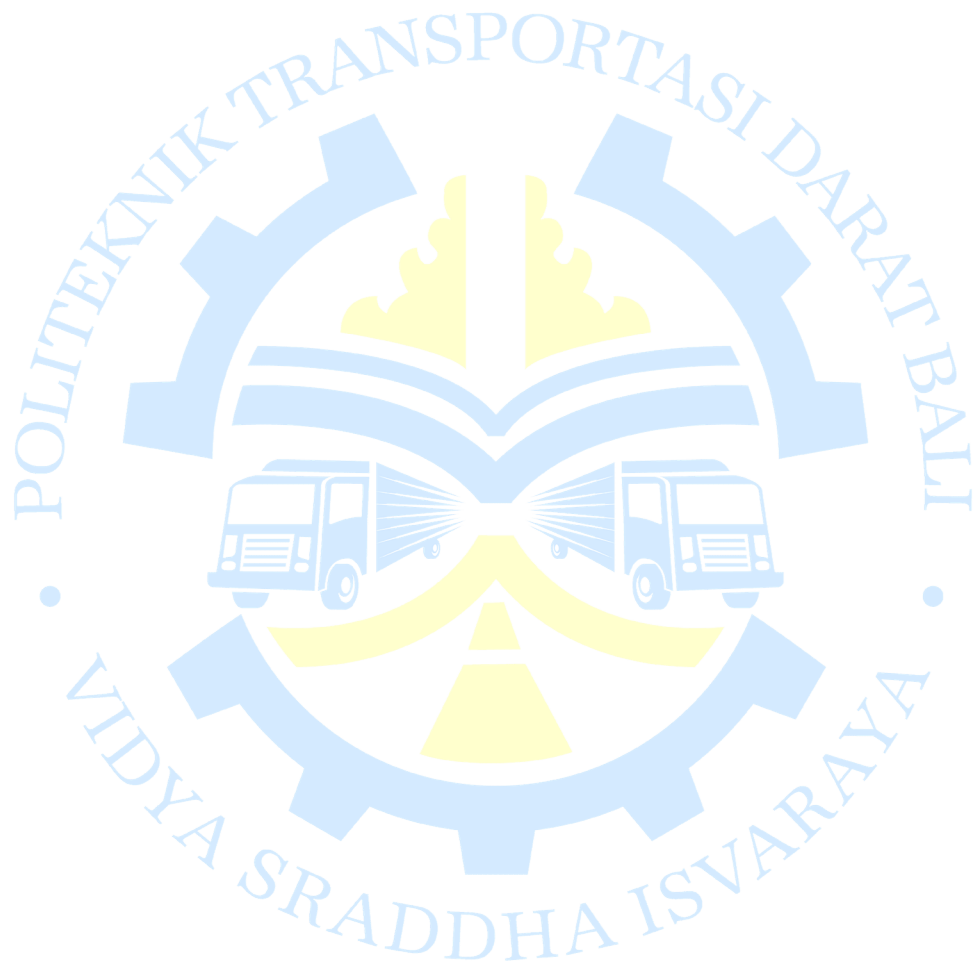
NIM 2202023

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
INTISARI.....	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II GAMBARAN UMUM.....	6
2.1 Kegiatan Sortir Barang pada <i>Last Mile Logistic</i>	6
2.2 Purwarupa Alat Sortir Otomatis Berbasis <i>QR Code</i>	7
BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	8
3.1 Konsep Dasar Penyortiran Barang dalam Logistik	8
3.2 Teknologi dalam Sistem Penyortiran Otomatis.....	9
3.3. Urgensi kebutuhan sistem sortir otomatis	12
3.4 Sistem <i>QR Code</i> dalam Logistik	14
3.5 Parameter Efisiensi dalam Penyortiran Otomatis.....	16
3.6 <i>Last Mile Logistic</i>	18

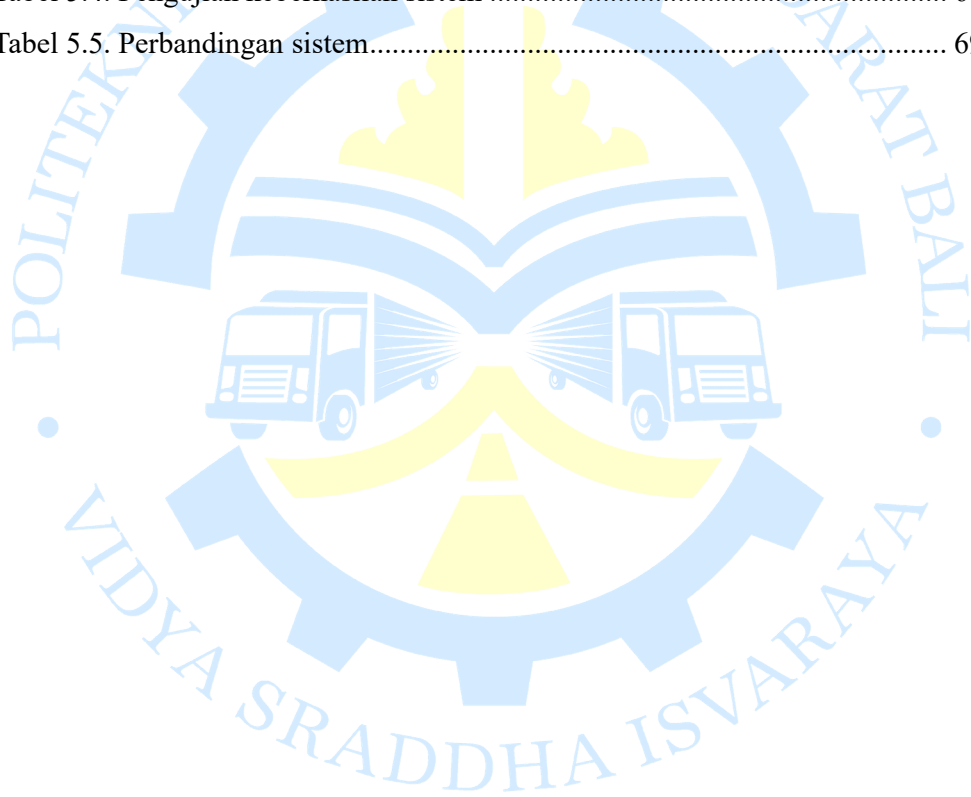
3.7 ESP32	19
3.8 <i>Light Emitting Diode (LED)</i>	21
3.9 <i>QR Code Reader</i>	22
3.10 Arduino IDE	22
3.11 <i>Conveyor</i>	23
3.12 <i>Organic Light-Emitting Diode (OLED)</i>	24
3.13 <i>Google Sheet</i>	25
3.14 Motor Servo.....	25
3.15 <i>Dynamo Motor Power Window</i>	26
3.16 <i>Step Down</i>	27
3.17 <i>Power Supply Switching Adaptor</i>	28
3.18 Sensor Ultrasonik	28
3.19 <i>Relay</i>	29
3.20 Penelitian Terdahulu	31
BAB IV METODOLOGI	33
4.1 Desain Penelitian.....	33
4.2 Perancangan Sistem Sortir Otomatis.....	34
4.3 Pengujian Alat	39
4.4 Teknik Pengumpulan Data dan Perbandingan Sistem.....	40
4.5 Timeline Kegiatan	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	43
5.1 Sistem Sortir Eksisting	43
5.2 Komponen dan Hasil Perakitan Alat Purwarupa.....	48
5.3 Prosedur Pengoperasian Purwarupa dan Pengujian Purwarupa	58
5.4 Hasil Pengujian Purwarupa	65
5.5 Hasil Hitung Parameter	66
5.6 Hasil Perbandingan Sistem.....	68
BAB VI	71
KESIMPULAN DAN SARAN	71
6.1 Kesimpulan.....	71
6.2 Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	79



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Pin <i>power input</i> dan <i>power output</i>	20
Tabel 3.2. Penelitian Terdahulu.....	31
Tabel 4.1. Format Tabel Hasil Uji	39
Tabel 4.2. Timeline kegiatan	41
Tabel 5.1. Komponen Perangkat Keras.....	48
Tabel 5.2. Perangkat Lunak.....	50
Tabel 5.3. <i>QR Code</i> Uji	63
Tabel 5.4. Pengujian keberhasilan sistem	64
Tabel 5.5. Perbandingan sistem.....	69



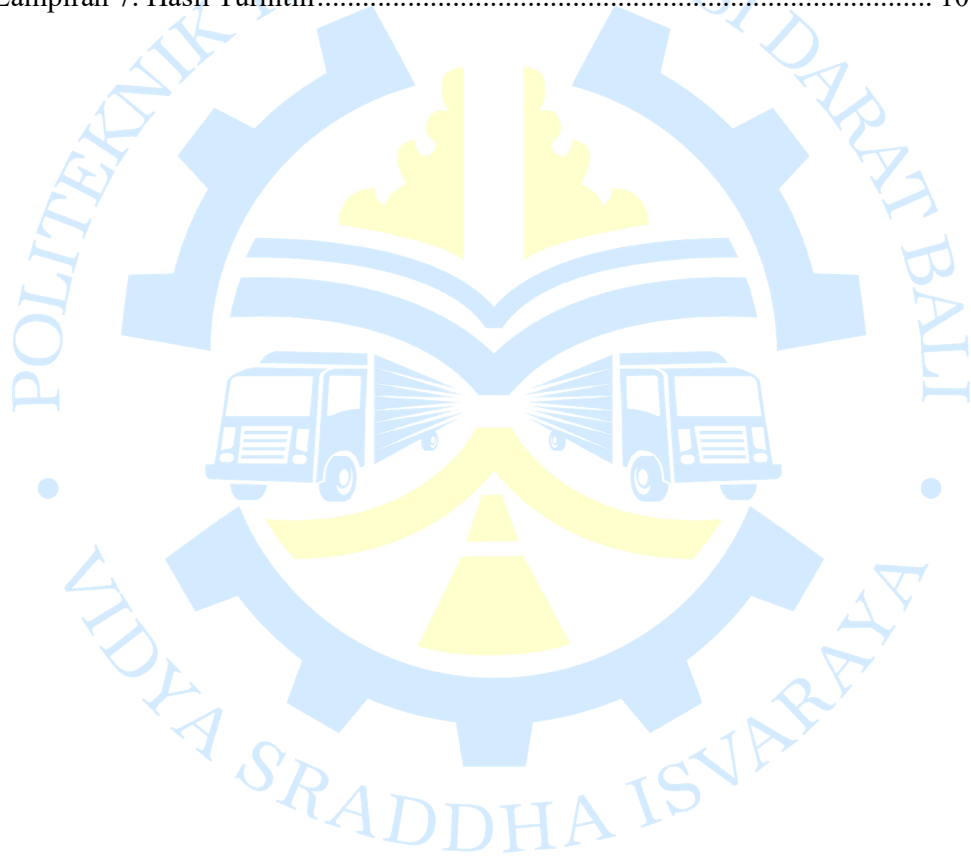
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Robotic Sorter</i>	10
Gambar 2. <i>Sorting System RFID</i>	11
Gambar 3. <i>QR Code Sorting System</i>	12
Gambar 4. ESP 32	20
Gambar 5. Pin ESP 32.....	20
Gambar 6. LED	21
Gambar 7. <i>QR Code Reader</i>	22
Gambar 8. Logo Arduino IDE.....	23
Gambar 9. <i>Conveyor Belt PVC</i>	24
Gambar 10. OLED	24
Gambar 11. Logo <i>Google Sheet</i>	25
Gambar 12. Motor Servo.....	26
Gambar 13. <i>Dynamo Motor Power Window</i>	27
Gambar 14. <i>Step Down</i>	27
Gambar 15. <i>Power Supply Switching Adaptor</i>	28
Gambar 16. Sensor Ultrasonik	29
Gambar 17. <i>Relay</i>	30
Gambar 18. Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 19. Diagram Sistem	35
Gambar 20. Bagan alur kerja alat sortir otomatis	36
Gambar 21. <i>Usecase Diagram</i>	37
Gambar 22. 3D Purwarupa.....	38
Gambar 23. Tempat Sortir Eksisting	44
Gambar 24. Packing paket dengan alamat pengiriman.....	45
Gambar 25. <i>Coding Librabry</i>	50
Gambar 26. <i>Coding OLED</i>	51
Gambar 27. <i>Coding Internet Wi-Fi</i>	51
Gambar 28. <i>Coding Input Picture</i>	51
Gambar 29. <i>Coding Insert Header OLED</i>	52

Gambar 30. <i>Coding</i> Hasil Sortir pada OLED	52
Gambar 31. <i>Coding</i> fungsi <i>Google Sheet</i>	53
Gambar 32. <i>Coding Sent Data to Google Sheet</i>	54
Gambar 33. <i>Coding sent</i> Data Melalui URL.....	54
Gambar 34. Tampilan <i>Google Sheet</i>	55
Gambar 35. 2D Design.....	55
Gambar 36. Kerangka bodi akrilik.....	56
Gambar 37. Pemasangan <i>conveyor belt</i> PVC	56
Gambar 38. Pemasangan <i>power motor window</i>	57
Gambar 39. Tampilan sortir	57
Gambar 40. Proses pembuatan wadah	58
Gambar 41. Alat hidup	59
Gambar 42. <i>Connecting to Wi-Fi</i>	59
Gambar 43. <i>Wi-Fi Connected</i>	59
Gambar 44. Tampilan logo Poltrada	60
Gambar 45. Tampilan awal sortir barang	60
Gambar 46. Posisi presisi servo	61
Gambar 47. Menaruh <i>QR Code</i> pada <i>Conveyor Belt</i>	61
Gambar 48. Tampilan OLED saat sortir.....	62
Gambar 49. Barang jatuh sesuai lokasinya	62
Gambar 50. Rekap <i>Google Sheet</i>	62
Gambar 51. Grafik waktu proses pengujian.....	65
Gambar 52. Akurasi <i>QR Reader</i>	66
Gambar 53. Peletakan wadah sesuai <i>QR Code</i>	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Output</i> pengujian 200 sample pada <i>Google Sheet</i>	79
Lampiran 2. Form Data Hitung Parameter.....	85
Lampiran 3. Hasil Wawancara	91
Lampiran 4. <i>Coding</i> Arduino IDE.....	93
Lampiran 5. Lembar Asistensi Bimbingan.....	98
Lampiran 6. Dokumentasi Pengambilan Data	106
Lampiran 7. Hasil Turnitin.....	107



INTISARI
Purwarupa Alat Sortir Otomatis Berbasis *QR Code*
Untuk Tujuan Pengiriman Barang *Last Mile Logistic*

Oleh:

SANG AYU PUTU ETASARI

2202023

Hasil observasi lapangan pada jasa ekspedisi menunjukkan bahwa proses sortir dalam *last mile logistic* hingga kini masih dilakukan secara manual oleh kurir disaat lonjakan pengiriman terus terjadi. Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan seperti keterlambatan pengiriman, kesalahan alamat tujuan dan kelelahan tenaga kerja. Sebagai solusinya, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji purwarupa alat sortir otomatis berbasis *QR Code*. Alat ini dirancang menggunakan *microcontroller* ESP32, *QR Code reader*, motor servo, dan *conveyor*. Perangkat lunak dikembangkan dengan Arduino IDE dan terintegrasi dengan *Google Sheets* untuk pencatatan data secara *real-time*. Hasil perbandingan sistem sortir manual dan sistem sortir otomatis menunjukkan keandalan sistem sortir otomatis. Sistem sortir manual dapat menyortir 250 paket dalam satu jam sementara sistem sortir otomatis dapat menyortir 495 paket dalam satu jam dengan tingkat *error* tertinggi 2%.

Kata kunci:

ABSTRACT

Prototype Of Automatic Sorting Device Based On QR Code For Last mile Logistic Delivery

By:

SANG AYU PUTU ETASARI

2202023

The results of field observations at expedition services show that the sorting process in last mile logistics is still done manually by couriers when the surge in shipments continues to occur. This condition causes various problems such as delivery delays, destination address errors and labor fatigue. As a solution, this research aims to design and test a prototype QR Code-based automatic sorting tool. This tool is designed using ESP32 microcontroller, QR Code reader, servo motor, and conveyor. The software is developed with Arduino IDE and integrated with Google Sheets for real-time data recording. The comparison results of the manual sorting system and the automatic sorting system show the reliability of the automatic sorting system. The manual sorting system can sort 250 packages in one hour while the automatic sorting system can sort 495 packages in one hour with the highest error rate of 2%.

Keywords: Last Mile Logistics, QR Code, Automatic Sorting

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Digitalisasi serta otomatisasi menjadi faktor utama yang mendorong efisiensi, meningkatkan produktivitas, dan menekan biaya produksi (Suriyanti et al., 2025). Manusia berkembang seiring dengan bertambahnya zaman menjadi lebih modern dan praktis dalam menciptakan efisiensi guna menunjang keberlangsungan hidup. Revolusi Industri 4.0 telah menghadirkan berbagai ragam perkembangan teknologi untuk mempermudah segala kegiatan (Mumtaha & Khoiri, 2019). Sedangkan *Society 5.0* menjanjikan berbagai macam kemudahan bagi manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup (Siagian, 2023). Hal ini tentu menuntut industri berevolusi lebih cepat dan lebih modern dalam memenuhi permintaan yang hadir di kalangan masyarakat.

Industri modern saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat seiring dengan kemajuan teknologi dan globalisasi. Revolusi Industri 5.0 telah mendorong transformasi besar di berbagai sektor, termasuk manufaktur, logistik, dan perdagangan. Industri di Indonesia juga terkena pengaruh dari pesatnya kemajuan industri ditandai dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia yang stabil pada tiga tahun terakhir dan mencapai 5,03 % di tahun 2024 (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024). Hal ini menjadi perhatian baru bagi pihak penyedia jasa industri untuk mengikuti perkembangan teknologi.

Teknologi *electronic commercial* kerap dikenal dengan akronim *e-commerce* merupakan kegiatan perdagangan menggunakan media secara *online* sehingga kegiatan berhubungan dengan *e-commerce* dikaitkan dengan kegiatan belanja *online*. dikembangkan untuk memudahkan transaksi bisnis dengan memanfaatkan teknologi internet dan *website*. Menurut laporan *We Are Social*, pada Januari 2024 ada sekitar 56,1% pengguna internet global yang biasa belanja *online* setiap pekan. Indonesia menempati peringkat ke-9 dalam daftar ini, dengan proporsi pengguna internet yang belanja *online* setiap pekan 59,3%, setara dengan India (Databoks, 2024).

Mengacu dari tingginya aktifitas belanja *online* di masyarakat Indonesia, mendorong tingginya aktifitas ekspedisi pengiriman barang. Peningkatan aktifitas ekspedisi menuntut efisiensi kerja guna menciptakan efisiensi waktu, tenaga, biaya, dan menciptakan kepuasan pelanggan (Sudirwo et al., 2025). Dalam kegiatan pengiriman barang oleh ekspedisi terdapat kegiatan sortir yang merupakan mengelompokkan barang sesuai dengan wilayah pengiriman. Kegiatan sortir ini biasanya dilakukan sepanjang proses rantai pasok sampai pada *last mile* yang dilakukan oleh kurir pengirim barang sesuai wilayah tempatnya mengirim secara manual.

Dalam beberapa kondisi yang menciptakan peluang belanja *online* meningkat juga akan meningkatkan jumlah barang yang dikirim oleh ekspedisi, sehingga terjadi lonjakan pengiriman yang menuntut kecepatan dan ketepatan waktu guna menjaga kualitas pelayanan pelanggan sehingga setiap tahap kegiatan harus dioptimalkan. Salah satu kegiatan yang ada dalam setiap tahap pengiriman adalah kegiatan sortir. Kegiatan sortir manual ini menjadi salah satu hal yang memperlambat kegiatan pengiriman dan menjadi kelemahan kegiatan sortir barang. Dalam beberapa kasus, kegiatan sortir manual juga menimbulkan masalah lain seperti kesalahan alamat pengiriman sehingga dibutuhkan teknologi yang dapat membantu kegiatan sortir barang. Teknologi ini sangat penting, terutama dalam mendukung pengiriman *last mile*, yang sering menjadi tantangan utama dalam kegiatan ekspedisi (Firdhausa et al., 2021).

Pengiriman *last mile* merupakan tahapan akhir dalam proses distribusi barang, yaitu pengiriman dari lokasi sortir terakhir ke alamat tujuan pelanggan (Boysen et al., 2020). Tahapan ini sering kali menjadi tantangan karena melibatkan banyak titik pengiriman dengan jarak yang bervariasi sehingga dibutuhkan alat yang dapat mensortir secara tepat dan akurat yakni alat sortir otomatis. Dalam praktiknya, kegiatan sortir masih banyak dilakukan secara manual oleh kurir, yang menyebabkan risiko kesalahan alamat dan keterlambatan pengiriman. Permasalahan ini semakin kompleks seiring meningkatnya volume pengiriman akibat pertumbuhan *e-commerce*. Oleh karena itu, otomatisasi proses

sortir menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan logistik.

Alat sortir otomatis merupakan merupakan sistem sortir otomatis, yang memungkinkan proses pemilahan barang menjadi lebih cepat, akurat, dan efisien (Zhang, 2024). Alat sortir barang otomatis merupakan solusi yang memanfaatkan mesin dan perangkat lunak untuk memisahkan barang dalam *last mile logistic* berdasarkan tujuan. Sistem ini bekerja dengan menggunakan sensor, *QR Code*, dan perangkat kontrol otomatis untuk mendeteksi serta mengarahkan barang ke jalur yang sesuai. Teknologi ini sangat relevan dalam konteks pengiriman *last mile* karena dapat mengatasi tantangan pemilahan barang dalam jumlah besar dan memastikan barang dikirim ke tujuan yang tepat dengan lebih cepat dan akurat (Sudirwo et al., 2025).

Kehadiran teknologi sortir barang otomatis akan memberikan efisiensi lebih banyak dari segi sumber daya yang digunakan, waktu yang dibutuhkan serta akurasi lebih tajam untuk menghindari *human error*. Tentunya keunggulan tersebut akan memberikan dampak positif bagi perusahaan penyedia jasa layanan pengiriman barang atau ekspedisi untuk memberikan pelayanan lebih prima kepada pelanggan (Baha'uddin et al., 2023). Pelayanan prima pelanggan akan membuahkan dukungan pelanggan, tingkat loyalitas dan royalti pelanggan dan kepercayaan pelanggan terhadap jasa perusahaan. Dengan mengintegrasikan teknologi ini, perusahaan akan mampu meningkatkan layanan pengiriman dan daya saing di industri logistik Indonesia (Sudirwo et al., 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengangkat judul "Purwarupa Alat Sortir Otomatis Berbasis QR Code Tujuan Pengiriman Barang *Last Mile Logistic*". Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat sortir otomatis yang dapat digunakan dalam proses pemilahan barang untuk tujuan pengiriman *last mile*. Solusi ini diharapkan dapat menjadi langkah inovatif dalam mendukung efisiensi logistik dan memenuhi tuntutan pasar yang semakin meningkat dan mengikuti percepatan arus industri 5.0.

1.2. Rumusan Masalah

Berangkat dari latar belakang yang menunjukkan urgensi penelitian pada dewasa ini, terdapat 3 rumusan masalah yang ditimbulkan, sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem penyortiran barang saat ini pada perusahaan pengiriman *last mile delivery*?
2. Bagaimana pembuatan alat sortir barang otomatis berbasis *QR Code*?
3. Bagaimana perbandingan efisiensi waktu proses dan tingkat akurasi sistem sortir manual dengan sistem sortir otomatis?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat diketahui tujuan penelitian meliputi:

1. Mengetahui sistem penyortiran barang secara eksisting saat ini pada perusahaan pengiriman *last mile delivery*.
2. Pembuatan purwarupa alat sortir barang otomatis berbasis *QR Code*.
3. Mengetahui perbandingan efisiensi waktu proses dan tingkat akurasi sistem sortir manual dengan sistem sortir otomatis.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat teoretis
 - a. Mengetahui cara kerja sistem alat sortir barang untuk pengiriman *last mile*.
 - b. Mengetahui efisiensi penggunaan alat untuk kegiatan sortir barang
2. Manfaat praktis
 - a. Bagi mahasiswa
 - 1) Sebagai syarat mendapatkan gelar Ahli Madya pada program studi Diploma III Manajemen Logistik Politeknik Transportasi Darat Bali.
 - 2) Sebagai sarana meningkatkan kemampuan dan keterampilan mengenai teori yang telah didapatkan saat perkuliahan.
 - 3) Sebagai sarana pembelajaran sesuai dengan mata kuliah terkait selama perkuliahan.
 - b. Bagi Politeknik Transportasi Darat Bali

- 1) Menambah pengetahuan dalam bidang riset operasi sehingga dapat dijadikan bahan pembelajaran bagi Mahasiswa Poltrada Bali prodi Manajemen Logistik berikutnya.
- 2) Sebagai bahan pengembangan mengenai kurikulum yang disusun agar sesuai dengan kondisi dan kompetensi di lapangan.
3. Bagi Perusahaan Penyedia Jasa Pengiriman
 - a. Untuk meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga kerja.
 - b. Sebagai inovasi dalam meningkatkan produktifitas perusahaan.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang sudah dirumuskan di atas, penulis membatasi penyelesaian permasalahan yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mencakup proses sortir otomatis tahap *last mile delivery*, sehingga tidak membahas sistem pelacakan paket setelah disortir atau proses pengantaran paket ke pelanggan.
2. *QR Code* yang digunakan hanya berisi informasi perumpamaan sederhana pengiriman berdasarkan wilayah pengiriman (tidak mencakup fitur enkripsi kompleks).
3. Purwarupa diuji dalam simulasi skala kecil, bukan dalam sistem komersial luas.
4. Pengujian dilakukan pada *QR Code* yang akan terpasang pada paket, sehingga tidak mencakup bentuk paket, berat paket, kemasan paket, paket dengan bentuk tidak beraturan, barang mudah pecah, atau barang berbahaya.

BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Kegiatan Sortir Barang pada *Last Mile Logistic*

Pada tahun 2024, J&T *Express* mengalami pertumbuhan signifikan dalam volume pengiriman paket, meningkat 31% YoY (*year over year*) menjadi 24,65 miliar paket (Laoli, 2025). Secara rata-rata, J&T *Express* menangani 67,3 juta paket setiap hari. J&T *Express* menempati posisi pertama dalam *Top Brand Index* 2024 dengan indeks 50,90%, sedangkan JNE *Express* berada di posisi kedua dengan 11,50% (Rafli, 2024). Volume meningkat akan mengakibatkan peningkatan kualitas dan kuantitas kerja ekspedisi. Salah satu kegiatan dalam pengiriman barang adalah sortir untuk kegiatan *last mile logistic*.

Sortir barang merupakan kegiatan penting dalam rantai pasok guna melancarkan kegiatan logistik. Kegiatan Sortir barang hadir dari semenjak barang masih dalam kondisi barang mentah sampai barang akan menuju pada konsumen akhir atau biasa disebut sebagai tahap *last mile*. *Last mile delivery* merupakan kegiatan pengiriman dari pusat distribusi ke alamat tujuan seperti rumah pelanggan atau toko ritel. Kegiatan *last mile delivery* ini kerap kita temukan dalam kegiatan pengiriman barang oleh jasa ekspedisi. Dalam kegiatan *last mile delivery*, kegiatan sortir bertujuan untuk mengelompokkan barang sesuai dengan alamat tujuan pengiriman.

Di Indonesia, proses sortir barang dalam tahap *last mile logistic* umumnya masih dilakukan secara manual. Petugas sortir memeriksa label alamat dan informasi pengiriman. Metode ini rentan terhadap kesalahan manusia akibat manusia memiliki titik lelah dan tidak fokus dalam melaksanakan pekerjaan untuk menghadapi tingginya volume pengiriman dan proses sortir. Hal ini dapat menimbulkan kesalahan penempatan paket yang dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman dan peningkatan biaya operasional.

2.2 Purwarupa Alat Sortir Otomatis Berbasis *QR Code*

Menghadapi tantangan dalam proses sortir manual yang memiliki banyak kekurangan dalam pengaplikasiannya, diperlukan proses yang inovatif dan dapat memberikan keuntungan ditengah percepatan pertumbuhan permintaan akan jasa pengiriman barang. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan ini adalah alat sortir otomatis berbasis *QR Code*.

Dengan mengadopsi teknologi sortir otomatis berbasis *QR Code*, perusahaan logistik di Indonesia dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses distribusi barang, khususnya dalam tahap *last mile delivery*. Hal ini akan membantu mengatasi tantangan yang dihadapi dalam proses sortir manual dan memenuhi permintaan pelanggan yang semakin tinggi terhadap layanan pengiriman yang cepat dan andal.

Purwarupa alat sortir otomatis berbasis *QR Code* adalah sebuah model atau rancangan awal dari sistem penyortiran barang yang bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan pembacaan *QR Code* sebagai identifikasi tujuan pengiriman. Dalam sistem ini, setiap paket diberi label *QR Code* yang berisi informasi alamat atau tujuan, kemudian dibaca oleh *QR Code* scanner. Informasi tersebut diproses oleh mikrokontroler, yang kemudian menggerakkan aktuator untuk mengarahkan paket ke jalur sortir yang sesuai.

Purwarupa ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kecepatan sortir barang, khususnya pada *last mile logistic* dalam proses logistik. Dibandingkan sortir manual, sistem ini mengurangi risiko kesalahan akibat *human error*, mempercepat proses sortir, dan mendukung digitalisasi data sortir secara *real time* melalui integrasi dengan platform seperti *Google Sheets*. Sebagai purwarupa, alat ini berfungsi sebagai dasar pengembangan sebelum diterapkan dalam skala industri.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Konsep Dasar Penyortiran Barang dalam Logistik

Kegiatan penyortiran sendiri merupakan salah satu proses pengelompokan guna membedakan antara jenis objek satu dengan objek lainnya.

3.1.1 Penyortiran barang dalam rantai pasok

Sortir merupakan pemilahan dan pengelompokan objek sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Kegiatan penyortiran sendiri merupakan salah satu proses pengelompokan guna membedakan antara jenis objek satu dengan objek lainnya yang akan mempermudah proses selanjutnya. Kegiatan penyortiran barang merupakan proses penting dalam rantai pasok yang memudahkan perusahaan dalam mengelola dan mendistribusikan barang dengan lebih baik (Song, 2024).

Penyortiran barang merupakan proses penting dalam rantai pasok yang memudahkan perusahaan dalam mengelola dan mendistribusikan barang dengan lebih baik. Sortir barang merupakan proses atau kegiatan untuk mengorganisir dan memisahkan produk sesuai kategorinya baik berdasarkan tujuan, jenis, warna, berat, kualitas, maupun sifat objek masing-masing sehingga lebih mudah untuk dikelola. Adanya sistem penyortiran dalam kegiatan rantai pasok akan meminimalisir kerusakan barang dan kehilangan barang.

3.1.2 Peran penyortiran dalam proses *last mile delivery*

Selama kegiatan rantai pasok selalu terlibat kegiatan sortir hingga pada pengiriman *last mile* guna mempermudah pergerakan barang (Firdhausa et al., 2021). Dalam kegiatan pengiriman *last mile*, kegiatan sortir dilakukan untuk menentukan lokasi pengiriman terakhir dari barang. Pengiriman *last mile* dalam hal ini didominasi oleh barang dalam satuan dan volume kecil.

Kegiatan sortir barang untuk tujuan pengiriman *last mile* bertujuan untuk mencegah terjadinya kesalahan dalam pengiriman barang ke tempat tujuan sehingga dapat menghemat waktu dan biaya dalam proses pengiriman, sehingga menjadi timbal balik yang positif bagi perusahaan

3.2 Teknologi dalam Sistem Penyortiran Otomatis

Alat sortir otomatis kerap ditemui dalam kegiatan industri. Dalam rantai pasok sendiri, alat sortir otomatis sering digunakan dalam sistem pergudangan guna mengklasifikasikan barang agar dapat disimpan dalam lokasi gudang yang sesuai dengan jenis barang (Gustiawan, 2023).

3.2.1 Pengenalan teknologi penyortiran otomatis

Alat sortir otomatis kerap ditemui dalam kegiatan industri. Dalam rantai pasok sendiri, alat sortir otomatis sering digunakan dalam sistem pergudangan guna mengklasifikasikan barang agar dapat disimpan dalam lokasi gudang yang sesuai dengan jenis barang. Selain itu, alat sortir otomatis dalam industri logistik digunakan dalam proses pengiriman barang baik dari pengiriman pertama maupun pengiriman terakhir. Namun, masih sedikit perusahaan yang menggunakan alat sortir otomatis dalam pengiriman *last mile*, dikarenakan masih dianggap mudah untuk diatasi.

Dalam kegiatan pengiriman *last mile* beradaptasi alat sortir berdasarkan jenis barang, alat sortir otomatis dibagi menjadi beberapa jenis, sebagai berikut:

1. Alat sortir otomatis berdasarkan berat barang

- Alat sortir otomatis berdasarkan berat barang menggunakan sensor berat seperti sensor *Load Cell CZL65* (Indra & Ro'uf, 2014). Alat sortir otomatis ini relevan digunakan dalam menentukan jenis kendaraan yang akan digunakan untuk membawa barang. Seperti barang dengan berat lebih dari 5 kg tidak boleh dibawa oleh kendaraan roda dua dan harus dibawa oleh kendaraan roda empat.

2. Alat sortir otomatis berdasarkan dimensi barang

Alat sortir otomatis berdasarkan dimensi barang merupakan alat sortir yang menggunakan sensor dimensi seperti sensor ultrasonik HC-SR04 yang mengubah besaran fisis berupa bunyi menjadi besaran listrik dan sebaliknya (Multi et al., 2022). Sortir dimensi pada umumnya memiliki fungsi yang sama dengan sortir berdasarkan berat, yakni menentukan kendaraan yang akan membawa. Disamping itu dimensi dan berat barang dapat digunakan untuk menentukan nilai jasa pengiriman barang tersebut.

3. Alat sortir berdasarkan lokasi daerah tujuan pengiriman

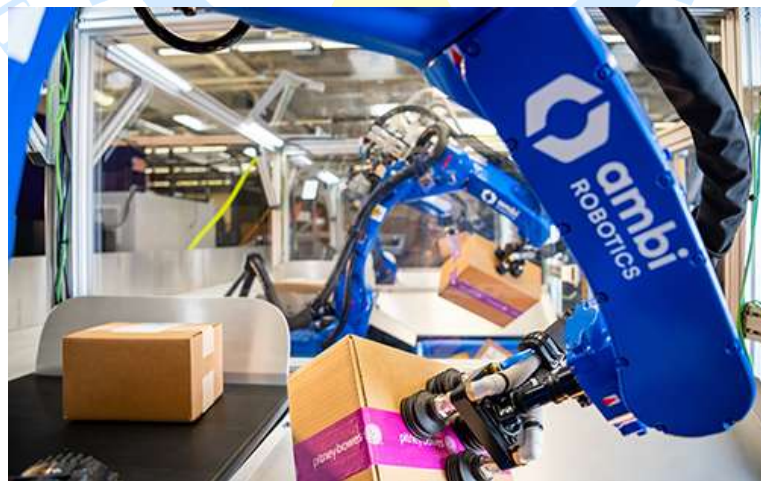
Alat sortir otomatis berdasarkan lokasi daerah tujuan pengiriman merupakan alat sortir yang menggunakan sensor yang membaca data (*data reader*) dari media yang dikaitkan (Baha'uddin et al., 2023). Alat sortir berdasarkan lokasi tujuan akan menentukan barang dikirimkan ke lokasi mana saja, sehingga memudahkan kurir untuk melakukan pengiriman.

3.2.2 Jenis-jenis sistem sortir otomatis

Alat sortir otomatis juga dibedakan berdasarkan sistem sortirnya. Sistem sortir disesuaikan dengan keperluan kegiatan sortir, tujuan kegiatan sortir, serta jenis barang yang akan disortir. Adapun jenis sistem sortir otomatis, yakni:

1. *Robotic Sorter*

Sistem sortir otomatis *robotic sorter* menggunakan teknologi robotika dalam proses pengelompokan barang, seperti terlihat pada Gambar 1. Sistem robot sortir memanfaatkan kemampuan komputer dan robotika dengan unit control seperti *Raspberry Pi*. Dalam kegiatan penyortiran paket kecil yang dikirimkan pada pengiriman *last mile*, digunakan *robotic arm* (lengan mekanik) (Mu et al., 2024). Robot jenis lengan mekanik merupakan jenis sistem yang menggunakan olah gerak robot seperti lengan manusia. Pada ujung robot yang terarah untuk mengambil paket didesain mampu menjepit barang untuk memindahkan ke area peyortiran.



(Sumber: automation.com, 2023)

Gambar 1. *Robotic Sorter*

2. *Radio Frequency Identification (RFID)*

Sistem sortir otomatis RFID merupakan sistem yang menggunakan sensor berbasis *Radio Frequency Identification*. Penggunaan sistem RFID mengandalkan *tag* RFID dan *RFID reader* untuk mengirimkan frekuensi dalam pembacaan data (Cendy, 2016). Pembacaan data dapat dilihat pada Gambar 2. Sistem RFID ini dapat memilah barang berdasarkan tujuannya. RFID akan memuat data lokasi pengiriman barang yang dapat dibaca oleh *RFID reader* dan akan dibaca oleh mikrokontroler pembaca seperti Arduino Mega 2560 untuk memberikan perintah selanjutnya pada sistem yang akan bergerak mensortir atau tempat sortir (Yuan et al., 2015).



(Sumber: Yuan, 2015)

Gambar 2. *Sorting System RFID*

3. *Quick Response Code (QR Code)*

Sistem sortir barang otomatis berbasis *Quick Response Code (QR Code)* merupakan sistem sortir barang yang menggunakan *QR Code reader* (Várallyai, 2013). *QR Code* merupakan metode mengubah data tertulis menjadi kode-kode 2-dimensi yang tercetak ke dalam suatu media yang lebih ringkas. Dalam *QR Code* semua jenis data dapat menyimpan, seperti data angka/numerik, *alphanumeric*, biner, kanji/kana. Dalam *QR Code* akan memuat data sortir yang dibutuhkan. Apabila tujuan sortir barang merupakan lokasi, maka *QR Code* akan memuat lokasi pengiriman barang. Sistem yang biasanya digunakan pada depo pusat pengiriman seperti pada Gambar 3.



(Sumber: Datalogic.com)

Gambar 3. *QR Code Sorting System*

Dibandingkan dengan sistem RFID, sistem *QR Code* memiliki sifat yang mudah diaplikasikan pada barang, dapat terbaca dengan hanya menempelkan pada benda. Disamping itu, untuk jenis barang yang sekali kirim dengan kemasan sekali pakai, *QR Code* dapat langsung ditempelkan pada kemasan yang digunakan untuk mengirim barang dan dapat dibuang setelah digunakan. Sistem RFID lebih relevan digunakan untuk pengiriman barang yang menggunakan kemasan berkali-kali atau dengan *chip*, jika dibandingkan dengan sistem *robotic sorter*, pengiriman *last mile* pada e-commerce yang lebih merujuk pada barang sehari-hari akan memberikan sifat pemborosan pada penggunaan mesin robot karena barang yang dikirimkan tidak memiliki berat yang besar, penggunaan *robotic* lebih baik bila digunakan untuk paket yang memiliki volume dan massa yang lebih besar. Penggunaan *QR Code* akan mempermudah penyortiran karena cukup menaruh barang di *conveyor belt*, kemudian menunggu servo mengarahkan lokasi barang.

3.3. Urgensi kebutuhan sistem sortir otomatis

Otomatisasi dalam dunia logistik sudah menjadi kebutuhan penunjang yang akan menjadi kebutuhan utama dalam proses logistik seiring dengan pesatnya perkembangan jaman. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Karunakaran Kannan dan Ranjithkumar Ponnusamy Rajakumar (2021) dengan judul “*A Study on*

Automated Solutions for Last Mile Delivery” menyatakan bahwa Otomatisasi dalam *last mile delivery* sangat penting karena dapat meningkatkan kecepatan, efisiensi, dan transparansi layanan pengiriman. Teknologi otomatis seperti sortir otomatis, *drone* dan robot. Selain itu, otomatisasi juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan mengatasi tantangan seperti biaya tinggi dan friksi dalam proses pengiriman terakhir.

Penelitian yang dilakukan oleh Perdian Pramana dan Riki Mukhaiyar (2022) dengan judul “Rancang Bangun Alat Penyortir Barang Menggunakan Barcode Berbasis Mikrokontroler” mengungkapkan bahwa proses penyortiran secara manual menggunakan tenaga manusia memiliki kelemahan yakni konsentrasi manusia semakin lama semakin berkurang dan pengerjaan sortir semakin melamban. Hal ini dapat menyebabkan adanya kesalahan saat penyortiran barang. Oleh karena itu dibutuhkan penyortir barang yang dapat bekerja secara cepat dan tepat sehingga dapat menggantikan peran manusia dalam melakukan penyortiran barang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan sortir otomatis kisaran 0,98 detik sampai 5,61 detik. Angka waktu tersebut dapat menunjukkan tingkat efisiensi waktu sortir yang dapat dilakukan dengan sistem sortir otomatis.

Sistem eksisting *last mile logistic* yang masih menggunakan tenaga manual perlu adanya ketepatan dalam pengerjaannya agar tidak terjadi kerugian pihak ekspedisi. Kesalahan dalam pengiriman tujuan dan keterlambatan dalam pengiriman dinamakan *Criss-Cross (CC)*. Hal ini dibahas dalam penelitian oleh Achmad Fiqhi Ibadillah, Wahyu Sholeh Abdullah, Miftachul Ulum, Muttaqin Hardiwansyah, Monika Faswia Fahmi, Achmad Ubaidillah dan Diana Rahmawati dengan judul “Sistem Sortir Paket Otomatis Dengan Metode Selector Menggunakan Kode Batang Untuk Menentukan Tujuan Alamat”. Sehingga dengan pesatnya perkembangan *e-commerce* dan jasa ekspedisi, diperlukan adanya teknologi yang dapat mengklasifikasikan barang yang akan dikirim dengan tepat dan sesuai tujuan. Penelitian ini menghasilkan akurasi 87,5% dengan rata-rata waktu sortir paket 9,2 detik yang menunjukkan keandalan sistem dalam mensortir.

Hal yang sama diungkapkan pada penelitian “*Enhancing Small Parcel Sorting Accuracy: Robot Machine Vision In Stacking Target Image Experiment*” oleh Longtao Mu, Chao Quan, Junhui Ren, Yunfei Zhou dan Tiebiao Zhao”. Dalam beberapa tahun terakhir, maraknya perdagangan elektronik telah menyebabkan peningkatan jumlah paket kecil yang perlu disortir dan dikirim ke tujuannya. Untuk mengatasi tantangan ini, robot telah dikembangkan untuk mengotomatiskan proses penyortiran, meningkatkan efisiensi dan akurasi. Eksperimen penyortiran parcel robot telah dilakukan, menghasilkan hasil yang menjanjikan. Tingkat penyortiran paket yang berhasil mencapai 91,03%, dengan waktu penyortiran rata-rata 1,12 detik per paket.

3.4 Sistem QR Code dalam Logistik

3.4.1 Pengertian QR Code

Menurut Várallyai (2015) QR Code merupakan jenis barcode dua dimensi yang dapat dibaca menggunakan QR Code reader atau kamera pada smartphone dengan aplikasi QR Code reader. Berbeda dengan barcode, yang hanya menyimpan informasi secara horizontal, QR Code mampu menyimpan informasi secara horizontal dan vertikal, oleh karena itu secara otomatis QR Code dapat menampung informasi yang lebih banyak dari pada barcode. Selain itu QR Code memiliki tampilan yang lebih kecil daripada barcode. Hal ini dikarenakan QR Code mampu menampung data secara horizontal dan vertikal, jadi secara otomatis ukuran dari tampilannya gambar QR Code bisa hanya sepersepuluh dari ukuran sebuah barcode. Salah satu kelebihan QR Code merupakan dapat membaca data walaupun telah rusak sebesar 30% (Rahmadhani & Arum, 2022). Saat ini QR Code menjadi lebih populer di luar industri karena lebih cepat dan memiliki kapasitas penyimpanan yang besar jika dibandingkan dengan kode batang.

Dalam proses kerja QR Code melibatkan pembuatan, pemindahan, dan interpretasi data menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras. QR Code terdiri dari beberapa bagian utama yang membantu dalam pemindaian dan interpretasi, yakni:

1. *Finder Pattern* (Tiga Kotak Besar di Sudut QR Code) yang membantu pemindai mengenali orientasi (perputaran) kode;

2. *Alignment Pattern* yang digunakan untuk menyesuaikan distorsi jika *QR Code* dipindai dari sudut tertentu;
3. *Timing Pattern* digunakan untuk memastikan data dibaca dengan benar meskipun kode diputar.
4. *Data* dan *Error Correction* untuk menyimpan informasi yang dikodekan dan memungkinkan koreksi jika ada bagian yang rusak atau tertutup;
5. *Encoding Mode* merupakan kemampuan *QR Code* yang dapat menyimpan data dalam format *numeric*, *alphanumeric*, *binary* dan Kanji.

Proses kerja *QR Code* diawali dari proses pembuatan dengan mengkonversi data yang ingin disimpan seperti URL, teks, informasi barang menjadi kode biner dalam algoritma (Cornelia & Repanovici, 2015). Algoritma ini akan menentukan format *QR Code* berdasarkan jumlah data yang dimasukkan. Selanjutnya adalah pemindaian *QR Code* yang dapat menggunakan kamera *smartphone* atau pemindai khusus seperti *QR Code scanner*. *Scanner* akan membaca pola hitam-putih yang menerjemahkan menjadi kode biner (0 dan 1) (Várallyai, 2013). Proses ini dilakukan dengan mendeteksi kontras antara bagian hitam dan putih pada *QR Code*. Data biner diperoleh diterjemahkan kembali menggunakan algoritma *decoding*.

3.4.2 Implementasi *QR Code* dalam proses logistik

QR Code semakin marak digunakan oleh berbagai jenis industri sehingga memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam rantai pasok serta distribusi barang. Kemudahan akses yang responsif dan kemudahan dalam pembuatan *QR Code* yang dapat diintegrasikan dengan berbagai teknologi memberikan pandangan mencolok untuk mempercepat proses kerja dalam kegiatan industri sehingga banyak industri memanfaatkan *QR Code* ini.

Dalam industri logistik *QR Code* kerap diimplementasikan dalam beberapa kegiatan, seperti;

1. Pelacakan barang dalam Gudang

Setiap barang diberikan *QR Code* yang berisi informasi seperti nomor seri, tanggal produksi, lokasi penyimpanan dan tujuan pengiriman. Dengan *QR Code*, petugas gudang dapat memindai untuk mengetahui lokasi barang dalam gudang, sehingga mengefisiensikan waktu dalam proses pencarian

barang (Baskara et al., 2024). *QR Code* juga dapat membantu dalam sistem manajemen barang dalam gudang seperti sistem *First In, First Out* (FIFO), *First Expire, First Out* (FEFO) (Gustiawan, 2023). *QR Code* dapat digunakan untuk memuat rincian barang termasuk spesifikasi, pemasok, *batch* produksi yang selanjutnya dapat membantu pengecekan pemesanan barang tanpa mengecek secara manual satu per satu.

2. Keamanan dan Anti Pemalsuan

QR Code dapat menyimpan kode unik atau enkripsi untuk memastikan keaslian produk. Pada umumnya *QR Code* akan ditaruh pada kemasan produk sehingga konsumen dapat memindai *QR Code* untuk memverifikasi apakah produk yang diterima terjamin keasliannya dan apakah produk yang diterima tepat sesuai dengan pesanan tanpa membuka isi kemasan produk (Afif et al., 2023).

3. Manajemen stok barang

Dalam pengelolaan stok barang, *QR Code* kerap digunakan untuk memperbarui stok dalam database secara real time dengan memindai kode yang sudah dimiliki oleh masing-masing barang. Sistem *QR Code* ini membantu perusahaan untuk mengetahui jumlah stok yang tersedia, stok habis dan stok yang harus dipesan ulang sehingga dapat mengurangi risiko kehabisan stok atau kelebihan stok yang tidak perlu (Syam & Erdisna, 2022).

4. Manajemen pengiriman dan distribusi

Penerapan *QR Code* dalam pengiriman barang diterapkan dalam pengemasan (*packing*) setiap paket yang berisi alamat tujuan, nomor pesanan dan data pelanggan. Dengan menggunakan *QR Code*, kurir dapat memindai *QR Code* untuk memverifikasi alamat tujuan dan memperbaharui status pengiriman dalam sistem. Dalam hal ini pelanggan juga melacak pengiriman melalui aplikasi yang terintegrasi.

3.5 Parameter Efisiensi dalam Penyortiran Otomatis

Efisiensi dalam penyortiran logistik merupakan kegiatan yang mengacu kepada kemampuan sistem logistik untuk mengelola, memilah dan

mendistribusikan barang dengan kecepatan tinggi, akurasi tepat dan biaya minimal. Sistem sortir otomatis dibuat agar tercapai indikator utama efisiensi, dalam hal ini meliputi:

3.5.1 Waktu proses (*Processing Time*)

Waktu proses merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus penyortiran barang, mulai dari penerimaan hingga siap dikirim. Semakin cepat waktu proses akan memberikan efisiensi waktu proses penyortiran. Waktu proses yang lama dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman dan meningkatkan biaya operasional. Berikut persamaan 3.1 yang digunakan untuk mengetahui waktu proses pada sistem.

$$T = \frac{\sum t_i}{N} \quad (3.1)$$

Keterangan:

- T = Rata-rata waktu pemrosesan per paket (detik)
- t = Waktu pemrosesan paket (detik)
- N = Jumlah total paket yang diuji

3.5.2 Tingkat akurasi (*Sorting Accuracy Rate*)

Tingkat akurasi merupakan persentase paket yang berhasil disortir ke tujuan yang sesuai tanpa kesalahan. Tingkat akurasi yang tinggi menandakan lebih sedikit kesalahan pengiriman maka akan lebih sedikit *negative feed back* yang didapat. Kesalahan dalam penyortiran dapat menyebabkan kesalahan pengiriman yang tidak sesuai alamat, keterlambatan atau kehilangan barang yang akan menambah beban biaya kerugian. Akurasi dihitung dari dua segi, yakni akurasi *QR Code Reader* dalam membaca *QR Code* dan akurasi barang sampai di wadah yang sesuai. Berikut persamaan 3.2 yang digunakan untuk mengetahui akurasi penyortiran pada sistem.

$$A = \left(\frac{P_c}{P_t} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

- A = Akurasi penyortiran (%)
- P_c = Jumlah paket yang disortir dengan benar

- P_t = Jumlah total paket yang diuji

3.5.3 Tingkat kesalahan penyortiran (*Error Rate*)

Error rate merupakan persentase kesalahan yang terjadi dalam proses penyortiran barang. Semakin rendah *error rate*, semakin efisien dan andal sistem dalam melakukan penyortiran. *Error rate* menunjukkan persentase paket yang disortir secara salah oleh sistem. *Error rate* juga dihitung dari dua segi, yakni *error rate QR Code Reader* dalam membaca *QR Code* dan *error rate* barang sampai di wadah yang sesuai. Berikut persamaan 3.3 yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan sistem sortir otomatis.

$$E = \left(\frac{P_e}{P_t} \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

- E = *Error rate* (%)
- P_e = Jumlah paket yang disortir secara salah
- P_t = Jumlah total paket yang diuji

3.5.5 *Throughput System*

Proses *throughput system* menentukan jumlah barang yang dapat disortir dalam periode atau waktu tertentu. *Throughput* tinggi akan menunjukkan sistem penyortiran mampu menangani volume besar dalam waktu yang singkat. Kapasitas *throughput* yang tinggi akan memberikan peluang lebih banyak barang yang dapat disortir dalam sehari. Berikut persamaan 3.4 yang digunakan untuk mengetahui *throughput* penyortiran pada sistem.

$$TP = \left(\frac{P_t}{T_t} \right) \quad (3.4)$$

Keterangan:

- TP = *Throughput sistem* (paket/jam)
- P_t = Jumlah total paket yang diproses
- T_t = Total waktu pengujian (detik atau menit)

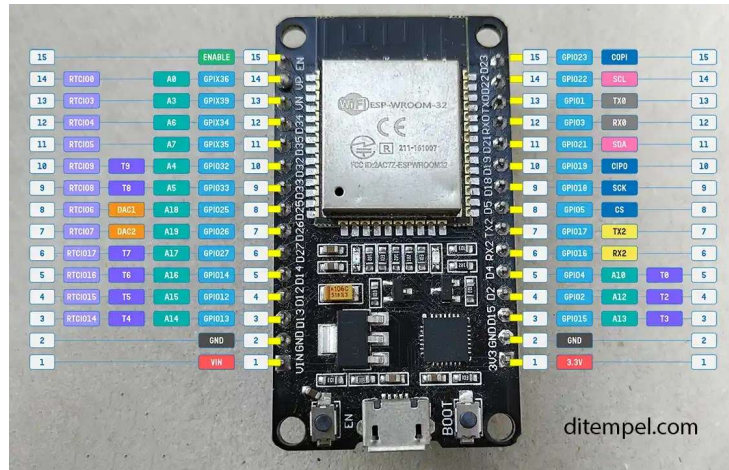
3.6 *Last Mile Logistic*

Pengiriman *last mile* merupakan tahap akhir dalam proses logistik, di mana barang dikirim dari gudang, pusat distribusi, atau hub logistik ke tujuan akhir, yaitu

pelanggan atau toko ritel. *Last mile delivery* sangat penting dalam *e-commerce*, logistik, dan rantai pasokan karena menentukan kecepatan dan kualitas layanan pengiriman. *Last mile delivery* merupakan sebuah layanan pengiriman paket dari bisnis ke konsumen akhir. *Third Party Logistik* (3PL) merupakan penyedia eksternal yang telah melakukan aktivitas *last mile delivery* (Setyawan & N Novitasari, 2019). *Last mile delivery* mengacu pada sekumpulan aktivitas terakhir dalam sebuah siklus pengiriman, yang melibatkan serangkaian aktivitas dan proses yang dilakukan untuk proses pengiriman dari titik transit terakhir ke titik penurunan akhir dari rantai pengiriman. Dengan kata lain, proses ini adalah langkah terakhir untuk mengirimkan pesanan kepada pelanggan

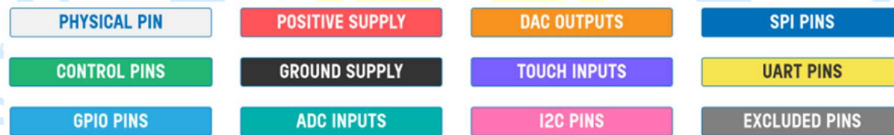
3.7 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (*Sistem on Chip*) yang tangguh dengan *Wi-Fi* 802.11 b/g/n terintegrasi, *bluetooth* versi 4.2 mode ganda, dan berbagai periferal. Ini merupakan penerus canggih untuk *chip* 8266 terutama dalam penerapan dua inti yang memiliki *clock* dalam versi berbeda hingga 240 MHz (Babiuch et al., 2019). Dibandingkan dengan pendahulunya, selain fitur-fitur ini, ia juga memperluas jumlah *pin* GPIO dari 17 menjadi 36, jumlah saluran PWM per 16 dan dilengkapi dengan memori flash 4MB. *Chip* ESP32 telah dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems, yang saat ini menawarkan beberapa versi ESP32 dari SoC dalam bentuk ESP32 Developer Kit, yang juga mencakup kartu SD dan layar LCD 3,2” dan yang terakhir merupakan kit ESP32 Azure IoT dengan USB Bridge dan sensor bawaan lainnya. Salah satu *board* ESP32 yang digunakan dalam pembuatan alat dalam penelitian ini dan mudah mendapatkannya adalah DOIT ESP32 DEVKIT V1 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. *Board* ini mempunyai 30 kaki/pin, yang dibagi 2, 15 pin di kiri dan 15 pin di kanan (Suisbiyanto P, 2023).



(Sumber: ditempel.com)

Gambar 4. ESP 32



(Sumber: ditempel.com)

Gambar 5. Pin ESP 32

- Secara garis besar *pin out* ESP32 terdiri *pin power* dan GPIO (*general purpose input/output*) yang mempunyai fungsi masing-masing (Rudi, 2023). Terdapat 4 pin yang berfungsi sebagai *power input* dan *power output*.

Tabel 3.1. *Pin power input* dan *power output*

Nama PIN	Fungsi
VIN	Tegangan Input, sumber tegangan untuk menghidupkan board, 4-12 Volt
3.3 V	Tegangan output dari board
GND	Terhubung ke ground
EN	Enable, board berfungsi sebagaimana mestinya bila tetap dibiarkan. Bila dihubung ke ground, board akan ter- reset

(Sumber: ditempel.com)

Sumber tegangan juga bisa didapat dari *port mini* USB pada *board*, dengan tegangan *input* 5 volt. Selain sebagai *port* sumber tegangan, *port mini* USB juga berfungsi sebagai *upload program*.

3.8 *Light Emitting Diode (LED)*

LED merupakan komponen elektronik berbasis semikonduktor yang menghasilkan cahaya saat dialiri arus listrik (Pimputkar et al., 2009). Komponen ini banyak dimanfaatkan dalam beragam perangkat elektronik dan sistem penerangan karena memiliki konsumsi daya yang rendah serta umur operasional yang relatif lama. LED pada Gambar 6 termasuk jenis LED *through-hole* (dengan dua kaki panjang), yang sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik, baik sebagai indikator, pencahayaan, maupun bagian dari sistem deteksi visual. LED bekerja dengan prinsip semikonduktor yang mengemisi cahaya saat dialiri arus searah. Warna biru dihasilkan oleh material semikonduktor khusus yang memiliki panjang gelombang cahaya sekitar 450–495 nm. Gambar 6 menunjukkan jenis LED yang digunakan dalam perancangan alat dalam penelitian.



(Sumber: electronicsforu.com)

Gambar 6. LED

LED dengan cahaya biru berfungsi sebagai sumber cahaya bantu yang digunakan untuk mendukung pembacaan *QR Code* oleh *QR Code reader*. Dengan adanya sinar dari LED biru, *QR Code* menjadi lebih kontras dan jelas, sehingga memudahkan sensor optik pada *QR Code reader* mengenali pola kode secara akurat dan cepat. Penggunaan LED ini menjadi bagian dari strategi pencahayaan

terintegrasi agar proses sortir otomatis berbasis *QR Code* dapat berjalan dengan lebih efisien dan minim kesalahan pembacaan.

3.9 *QR Code Reader*

QR Code Reader merupakan perangkat keras yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem atau aplikasi untuk memindai dan membaca *QR Code* seperti nampak pada Gambar 7. Modul ini biasanya dirancang untuk digunakan dalam sistem *embedded*, seperti mikrokontroler atau perangkat IoT (*Internet of Things*), yang memungkinkan pemindaian *QR Code* secara langsung tanpa memerlukan perangkat komputer atau *smartphone* tambahan (Mamtaz Alam, 2021).



(Sumber: how2electronics.com)

Gambar 7. *QR Code Reader*

Modul ini biasanya terdiri dari sensor kamera, prosesor untuk pemrosesan gambar, serta perangkat lunak yang dapat mengidentifikasi dan mengekstrak data dari *QR Code* yang dipindai. Biasanya, modul ini juga dilengkapi dengan antarmuka (*interface*) seperti UART, SPI, atau I2C untuk berkomunikasi dengan sistem yang lebih besar.

3.10 **Arduino IDE**

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat *sketch* pemrograman atau dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada *board* yang ingin diprogram (Erokhin & Kozlovskikh, 2022). Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, *upload* ke *board* yang ditentukan, dan *coding* program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan *library* C/C++(*wiring*), yang membuat operasi *input/output* lebih mudah.



(Sumber: arduino.cc)

Gambar 8. Logo Arduino IDE

Software Arduino IDE ini dapat memodelkan sifat dari parameter rangkaian analog dan digital. Kemampuan yang disediakan Arduino IDE adalah dapat memodelkan berbagai rancangan rangkaian, menguji suatu rangkaian dengan berbagai kemungkinan komponen, memeriksa sifat dari keseluruhan rangkaian dengan melakukan analisis AC / DC atau *transient*.

3.11 *Conveyor*

Conveyor merupakan sistem transportasi mekanis yang digunakan untuk memindahkan barang atau material secara otomatis dari satu tempat ke tempat lain. *Belt conveyor* merupakan mesin pemindah material sepanjang arah horizontal atau dengan kemiringan tertentu secara kontinu (Erinofiardi, 2012). *Conveyor* banyak digunakan dalam industri manufaktur, logistik, dan pergudangan untuk meningkatkan efisiensi kerja.

Pembuatan alat dalam penelitian ini menggunakan *conveyor belt* dengan jenis PVC seperti pada Gambar 9. *PVC conveyor belt* adalah jenis sabuk konveyor yang terbuat dari *polyvinyl chloride* (PVC) (Rengers, 2024). Ini adalah bahan yang banyak digunakan untuk *conveyor belt* karena daya tahannya, keserbagunaannya, dan hemat biaya. *PVC Conveyor belt* umumnya ditemukan di berbagai industri, termasuk pengolahan makanan, logistik, dan pertanian, untuk menangani berbagai bahan.

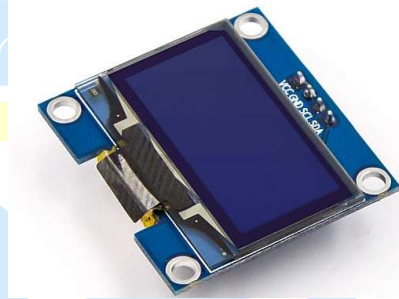


(Sumber: monsterbelting.com)

Gambar 9. Conveyor belt PVC

3.12 Organic Light-Emitting Diode (OLED)

Layar OLED merupakan dioda pemancar cahaya organik yang terbuat dari bahan semikonduktor organik yang mengisolasi secara elektrik (Sekhar, 2021). OLED merupakan divais fotonik yang terdiri dari katoda sebagai sisi negatif dan anoda sebagai sisi positif dan sebuah lapisan *emissive* dari bahan organik yang dapat menghasilkan cahaya ketika diberi arus. Kelebihan dari OLED sendiri yaitu memiliki tegangan yang rendah serta konsumsi daya listrik yang rendah dan terbuat dari bahan organik menjadikan OLED sebagai teknologi ramah lingkungan.



(Sumber: flyrobo.in, 2019)

Gambar 10. OLED

Pembuatan alat pada penelitian ini melibatkan jenis OLED dengan 4 pin ukuran 1,3 inch seperti pada Gambar 10. Penggunaan OLED dipilih karena biaya operasional relatif rendah dan proses perakitan relatif sederhana dibandingkan LCD. OLED juga memiliki jangkauan wilayah warna, tingkat terang, dan tampilan sudut pandang yang sangat luas. Pixel OLED memancarkan cahaya secara langsung sedangkan LCD menggunakan teknologi cahaya belakang (*back light*) sehingga tidak memancarkan warna sebenarnya.

3.13 Google Sheet

Google Sheet merupakan aplikasi *Sheet* berbasis *cloud* yang dikembangkan oleh *Google*. Ini adalah bagian dari *Google Workspace* (sebelumnya *G Suite*) dan berfungsi seperti *Microsoft Excel*, tetapi dengan keunggulan berbasis *online* yang memungkinkan kolaborasi secara *real-time* (Wiemken et al., 2018).



Google Sheets

(Sumber: [google.com](https://www.google.com))

Gambar 11. Logo *Google Sheet*

Penggunaan *Google Sheet* dalam sistem akan menyimpan data hasil sortir. *Google Sheet* digunakan karena memiliki keunggulan dapat menyimpan secara otomatis pada akun *Google* yang dikelola, selain itu juga dapat diketahui secara *real time* di berbagai perangkat baik PC, tablet maupun *smartphone*.

3.14 Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotornya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo (Zhou, 2013). Motor servo adalah jenis motor listrik yang dirancang untuk memberikan kontrol yang sangat presisi terhadap posisi, kecepatan, dan torsi. Motor servo biasanya digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pengendalian posisi yang akurat, seperti dalam robotika, sistem pengendalian otomatis, dan model pesawat terbang, serta berbagai aplikasi industri.



(Sumber: genlogic.co.th)

Gambar 12. Motor Servo

Motor servo seperti pada Gambar 12 beroperasi berdasarkan sinyal *input* yang biasanya berupa PWM. Sinyal ini memberi tahu motor tentang posisi yang diinginkan. Motor servo akan menyesuaikan posisinya hingga mencapai sudut atau posisi yang diinginkan dengan akurat. Sistem pengendali internal di dalam motor servo memastikan motor tetap berada di posisi yang diinginkan dengan melakukan koreksi jika ada perbedaan posisi.

3.15 *Dynamo Motor Power Window*

Dynamo motor power window merupakan komponen pada sistem *power window* mobil yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik putar untuk menggerakkan kaca jendela. Dengan kata lain, *dynamo motor power window* merupakan mesin yang membuat kaca jendela bisa naik ataupun turun. Dalam penelitian ini *dynamo motor power window* berperan dalam menggerakkan *conveyor belt* agar dapat berjalan mengarahkan *QR Code*.



(Sumber: wuling.id)

Gambar 13. *Dynamo Motor Power Window*

Dinamo motor seperti pada Gambar 13 bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetisme, di mana energi listrik dikonversi menjadi energi mekanik untuk menggerakkan suatu beban (Chakole et al., 2019). Dalam penelitian ini dinamo digunakan untuk menggerakkan *conveyor* agar dapat bergerak maju ataupun mundur sesuai dengan fungsi yang telah ditetapkan dalam sistem.

3.16 *Step Down*

Step Down merupakan istilah yang digunakan dalam elektronika dan kelistrikan untuk merujuk pada proses penurunan tegangan listrik dari level yang lebih tinggi ke level yang lebih rendah. Fungsi transformator *step down* melakukan aksinya dengan merubah tegangan dan arus tanpa menimbulkan perubahan frekuensi (Placido, 2018). Dalam penelitian ini digunakan jenis *step down* Modul LM2596 DC-DC Step Down Input DC 3 - 40V Output DC 1.5 - 35V. Transformator ini bekerja dengan menambah atau mengurangi tegangan berdasarkan kebutuhan mesin



(Sumber: narin.co.id)

Gambar 14. *Step Down*

Modul LM2596 DC-DC *Step Down* merupakan sebuah modul regulator tegangan *switching (buck converter)* yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC dari input yang lebih tinggi ke output yang lebih rendah secara efisien. Modul ini dapat menurunkan tegangan input DC ke level yang dibutuhkan oleh komponen alat misalnya 12V ke tegangan 5V untuk ESP dan servo.

3.17 Power Supply Switching Adaptor

Power Supply Switching Adaptor (sering disebut juga *switching power supply industrial*) merupakan modul catu daya yang mengubah arus listrik AC (arus bolak-balik) menjadi DC (arus searah) dengan menggunakan teknologi *switching* dan memiliki desain *casing* berlubang (jaring) untuk membantu pendinginan.



(Sumber: sinauprogramming.com)

Gambar 15. *Power Supply Switching Adaptor*

Jenis power supply switching adaptor pada penelitian ini adalah *Power Supply Switching Jaring 12V 5A* seperti pada Gambar 15. Jenis *power supply* ini merupakan modul catu daya tipe *switching* yang digunakan untuk mengubah arus AC (listrik PLN) menjadi arus DC 12 volt dengan arus maksimum hingga 5 ampere (*Skema Power Supply Switching SMPS, 2025*). Alat ini umum digunakan untuk memberi suplai daya pada sistem elektronik, mikrokontroler, motor DC, LED strip, atau alat otomatis seperti purwarupa sistem sortir berbasis *QR Code*.

3.18 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan jenis sensor yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Gelombang ini umum digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek dengan mengukur jarak antara sensor dan objek

tersebut (Prastyo, 2022). Fungsi utama sensor ini adalah mengubah energi bunyi menjadi sinyal listrik dan sebaliknya. Gelombang ultrasonik yang digunakan memiliki frekuensi sekitar 20.000 Hz. Dalam pembuatan purwarupa, sensor yang digunakan adalah HC-SR04, seperti ditampilkan pada Gambar 16.



(Sumber: arduinoindonesia.id)

Gambar 16. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah modul sensor praktis yang mampu mengirim, menerima, dan mengendalikan gelombang ultrasonik. Alat ini digunakan untuk mengukur jarak suatu objek dengan rentang antara 2 cm hingga 4 meter, serta memiliki tingkat akurasi hingga 3 mm. Sensor ini terdiri dari empat pin utama, yaitu Vcc, GND, Trigger, dan Echo. Pin Vcc berfungsi sebagai sumber tegangan positif, sedangkan GND terhubung ke *ground*. Pin Trigger berperan untuk memicu keluarnya gelombang ultrasonik, sementara pin Echo digunakan untuk menerima pantulan gelombang dari objek yang terdeteksi.

3.19 Relay

Relay merupakan komponen saklar elektromagnetik yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik dalam suatu rangkaian, dengan kendali dari sinyal listrik berarus kecil (Ishak Okta Sagita, 2024). *Relay* yang digunakan pada purwarupa ini merupakan *relay 2* modul seperti yang ditunjukkan pada Gambar . *Relay 2* modul adalah modul elektronik yang terdiri dari dua buah *relay*, digunakan untuk mengendalikan dua perangkat listrik (AC atau DC) secara terpisah melalui sinyal dari mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, Raspberry Pi, dan sejenisnya.



(Sumber: faranu.com)

Gambar 17. Relay

Modul ini bekerja dengan tegangan *input* 5V atau 12V tergantung tipenya, dan mampu mengontrol beban listrik hingga 250V AC atau 30V DC dengan arus maksimum 10A per *channel*. Setiap *relay* memiliki tiga terminal utama, yaitu COM (*common*), NO (*normally open*), dan NC (*normally closed*). *Relay* ini bekerja dengan prinsip elektromagnetik, di mana arus kecil dari mikrokontroler dapat mengaktifkan atau menonaktifkan sambungan arus besar pada beban.

3.20 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang sebelumnya dilakukan sebagai acuan dalam penelitian yang akan dikembangkan dalam tugas akhir ini. Penelitian terdahulu dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul/Tahun	Metode	Hasil/Variabel
Perdian Pramana & Riki Mukhaiyar	Rancang Bangun Alat Penyortir Barang menggunakan <i>Barcode</i> Berbasis Mikrokontroler (2022)	1. <i>Barcode</i> 2. <i>Arduino Uno</i>	Alat yang dibuat dapat meningkatkan akurasi sehingga meningkatkan efisiensi dalam proses penyortiran barang dibandingkan dengan sortir secara manual. Variabel dalam penelitian ini adalah keberhasilan penyortiran, ketepatan sistem, dan kecepatan sistem
Ahmad Ridwan Baha'uddin dkk	Rancang Bangun Automasi Sortir Barang Berdasarkan <i>Barcode</i> Menggunakan Sensor Gm66 untuk Tujuan Kota (2023)	1. <i>Barcode</i> 2. <i>Sensor GM 66</i> 3. <i>Arduino Uno</i>	Sensor membaca <i>Barcode</i> pada ketinggian 8–65 cm, dan kecepatan sortir yang berbeda sesuai berat barang. Variabel dalam penelitian adalah akurasi pembacaan sensor <i>Barcode</i> , dan kecepatan sortir berdasarkan berat.

Nama Peneliti	Judul/Tahun	Metode	Hasil/Variabel
Achmad Fiqhi Ibadillah dkk	Sistem Sortir Paket Otomatis Dengan Metode <i>Selector</i> Menggunakan Kode Batang Untuk Menentukan Tujuan Alamat (2024)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Barcode</i> 2. <i>Arduino Uno</i> 3. <i>Barcode GM 66</i> 	Sensor GM66 membaca barcode dengan akurasi 100% via UART. Sistem sortir 87,5% akurat, rata-rata proses paket 9,2 detik, dan mendukung pelacakan IoT. Variabel dari penelitian ini adalah akurasi pembacaan <i>Barcode</i> , akurasi penyortiran paket, kecepatan penyortiran, dan integrasi <i>Website</i> (IoT)

(Sumber: Penulis, 2025)

Dalam penelitian penulis yang berjudul Purwarupa Alat Sortir Otomatis Berbasis *QR Code* Untuk Tujuan Pengiriman Barang *Last Mile Logistic* memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem sortir berbasis *Barcode*, masih sedikit penelitian yang mengeksplorasi penggunaan *QR Code* dengan sistem otomatis berbasis IoT. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan *purwarupa* alat sortir otomatis berbasis *QR Code* dan mengukur efektivitasnya dalam lingkungan *last mile logistic*. Pendekatan eksperimen dalam penelitian ini akan berfokus pada perancangan alat. Pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang akan melibatkan parameter untuk mengetahui tingkat efektifitas alat dalam melakukan sortir dan perbandingan dengan sistem sortir manual.