

**RANCANG BANGUN *SMART LOCKER SUITCASE* BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN PEMBAYARAN QRIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi



Disusun Oleh:

Zulhaidar Gde Maulana Syarief

40040321650026

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN *SMART LOCKER SUITCASE* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) DENGAN PEMBAYARAN QRIS

Diajukan oleh;
Zulhaidar Gde Maulana Syarief
40040321650026

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier, S.Si., M.Si.

NPPU H.7.199504152022041001

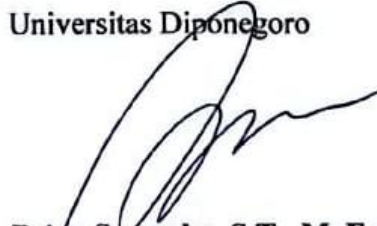
Mengetahui,

Ketua

Program Studi S. Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M. Eng.

NIP. 197009161998021001

25 Juni 2026

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN *SMART LOCKER SUITCASE* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) DENGAN PEMBAYARAN QRIS

Disusun oleh :

Zulhaidar Gde Maulana Syarief

NIM 40040321650026

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Kamis, 25 Juni 2026

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing



Ahmad Ridlo Hamidudin Tahier, S.Si., M.Si.

NPPU H.7.199504152022041001

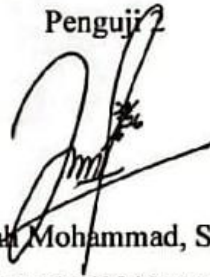
Penguji 1



Rofiq Cahyo Prayogo, S.T., M.T

NIP. 199505292024061001

Penguji 2



Luthfansyah Mohammad, S. Tr.T, M.T

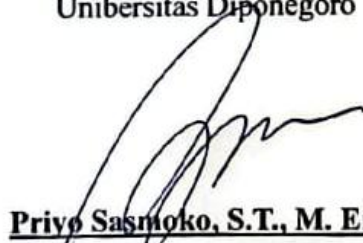
NPPU H.7 199609132022041001

Mengetahui

Ketua Program Studi S.Tr Teknoogi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Unibersitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M. Eng.

NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Zulhaidar Gde Maulana Syarief
NIM : 40040321650026
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *Smart Locker Suitcase* Berbasis
Internet of Things (Iot) Dengan Pembayaran Qris

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ini ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang,
Penulis

Zulhaidar Gde Maulana Syarief
40040321650026

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun *Smart Locker Suitcase* Berbasis *Internet of Things* (IoT) Dengan Pembayaran QRIS”. Tersusunnya laporan ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir atas waktu, kesempatan dan bimbingan yang diberikan selama proses bimbingan dan penyusunan Tugas Akhir.
2. Edwin Adresson, selaku Papa yang menjadi motivator dan menempa semangat saya untuk menyelesaikan pendidikan sarjana ini. Terima kasih atas pelajaran dan pengalaman hidup yang menjadi inspirasi saya untuk terus berjuang dan menerapkan ilmu yang saya dapat.
3. Sri Nuzul Hadiyati, selaku Mama yang tulus merawat dan membesarkan saya dengan penuh cinta dan kasih sayang. Terima kasih atas doa yang tak pernah putus, serta keikhlasan yang tak pernah suruh, yang menjadikan saya seperti hari ini.
4. Edwar Muda Maulana Syarief, selaku Kakak dan Gusti Ratna Nabila Vania, selaku Adik yang menjadi panutan dan sumber kebahagiaan kepada Penulis untuk terus maju menjadikan pribadi yang lebih baik.
5. Rekan-rekan Otomasi angkatan 2021, Mavros Kavalaris yang memberikan warna semasa berkuliah.
6. Teman-teman Vokasi, INVINITY yang menjadi bagian cerita kepada Penulis selama berkuliah.
7. Ilham Azis Niago, teman satu kost dan angkatan Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya telah menjadi bagian cerita semasa berkuliah dan teman sesama perantau.
8. Giessele Theopila Sambodo, yang memberikan doa dan semangat kepada Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIRError! Bookmark not defined.

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....2

DAFTAR ISI..... 5

DAFTAR GAMBAR..... 8

DAFTAR TABEL 10

BAB I PENDAHULUAN..... 11

1.1 Latar Belakang 11

1.2 Rumusan Masalah 13

1.3 Tujuan 13

1.4 Manfaat 13

1.5 Batasan Masalah..... 14

1.6 Metodologi Penelitian 14

1.7 Sistematika Proposal Tugas Akhir 15

BAB II DASAR TEORI..... 17

2.1 Tinjauan Pustaka 17

2.2 Dasar Teori..... 20

2.2.1 Locker System..... 20

2.2.2 Sistem Keamanan pada *Smart Locker*..... 20

2.2.3 Otomatisasi Sistem..... 21

2.2.4 Internet of Things (IoT) 22

2.2.5 QRIS..... 22

2.2.6 Spreadsheet 23

2.2.7 Arduino IDE.....	23
2.2.8 NodeMCU ESP32	24
2.2.9 Nextion NX8048T050.....	25
2.2.10 Limit Switch.....	27
2.2.11 Solenoid Door Lock	28
2.2.12 Sensor ultrasonik HC-SR04	28
2.2.13 Modul Step Down LM2956	30
2.2.14 Modul Step-Down XL4015.....	31
2.2.15 Relay Modul 3 Channel	32
2.2.16 Power Supply	34
2.2.17 Daya (Watt).....	35
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Diagram Blok.....	36
3.2 Gambar 3D	37
3.3 Spesifikasi dan Fitur.....	38
3.4 Prinsip Kerja	39
3.5 Perancangan Sistem	43
3.5.1 Diagram Alir Alat	43
3.5.2 Rancangan Sistem Elektrik	45
3.5.3 Desain PCB	47
3.6 Perancangan Human Machine Interface (HMI)	47
3.7 Perancangan Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L.....	50
3.8 Perancangan Sistem Monitoring Berbasis Google Spreadsheet	51
3.9 Perancangan Komunikasi Data Sistem	53
BAB IV PENGUJIAN DAN HASIL ANALISA.....	55
4.1 Peralatan Pengujian.....	55

4.2 Prosedur pengujian.....	55
4.3 Pengukuran Dan Pengujian Komponen	58
4.3.1 Pengukuran Sensor ultrasonik HC SR-04	58
4.3.2 Pengujian Identifikasi Ukuran Koper Menggunakan Sensor Ultrasonik pada Loker L	60
4.3.3 Pengujian Solenoid Door Lock	62
4.3.4 Pengujian QRIS SoundBox pada Loker Koper.....	65
4.3.5 Pengujian Respon Spreadsheet Terhadap Data.....	68
4.4 Pengujian Human Machine Interface (HMI)	70
4.4.1 Tampilan Login PIN Admin	70
4.4.2 Tampilan Menu Utama	71
4.4.3 Tampilan Mode Penyimpanan (<i>Put</i>)	72
4.4.4 Tampilan Mode Pengambilan (<i>Take</i>).....	73
4.4.5 Pengujian Tampilan Input PIN Loker	74
4.4.6 Tampilan Proses Pembayaran	75
4.4.7 Tampilan Status Pembayaran.....	76
4.5 Pengujian Sistem.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino IDE	23
Gambar 2. 2 Tampilan Sketch	24
Gambar 2. 3 NodeMCU ESP32.....	24
Gambar 2. 4 Nextion NX8048T050	25
Gambar 2. 5 UART	26
Gambar 2. 6 Limit Switch	27
Gambar 2. 7 Solenoid Door Lock 12 V LY-03	28
Gambar 2. 8 Sensor ultrasonik HC-SR04.....	29
Gambar 2. 9 Step-Down LM2956	30
Gambar 2. 10 Skematik Step-Down LM2956	30
Gambar 2. 11 Step-Down XL4015.....	30
Gambar 2. 12 Skematik Step-Down XL4015.....	32
Gambar 2. 13 Relay Modul 3 Channel	33
Gambar 2. 14 Skematik Relay Modul 3 Channel.....	33
Gambar 2. 15 Power Supply 12 V 10 A.....	34
Gambar 2. 16 Skematik rangkaian Power Supply 12 V 10A.....	34
Gambar 2. 17 Daya.....	35
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Smart Locker.....	36
Gambar 3. 2 Model 3D Smart Locker	37
Gambar 3. 3 Tampak Interior Smart Locker	38
Gambar 3. 4 Flowchart Sistem Smart Locker	43
Gambar 3. 5 Rancangan Sistem Elektrikal Smart Locker	45
Gambar 3. 6 Desain PCB.....	47
Gambar 3. 7 Skema Perancangan Human Machine Interface	50
Gambar 3. 8 Skema Perancangan Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L	51
Gambar 3. 9 Sitem Monitoring Berbasis Google Spreadsheet.....	52
Gambar 3. 10 Skema Perancangan Komunikasi Data Sistem	53
Gambar 4. 1 Pengujian Ukuran Koper pada Loker L.....	60
Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Daya Solenoid Door Lock.....	65
Gambar 4. 3 QRIS SoundBox yang Digunakan pada Sistem	66
Gambar 4. 4 Pengukuran Tegangan QRIS SoundBox	67

Gambar 4. 5 Pengukuran Arus QRIS SoundBox Ketika digunakan	68
Gambar 4. 6 Gambar kondisi Perangkat Sedang Digunakan	68
Gambar 4. 7 Hasil bukti transaksi QRIS	69
Gambar 4. 8 Halaman login administrator saat memasukkan PIN yang benar... 70	
Gambar 4. 9 Halaman login administrator ketika PIN yang dimasukkan salah.. 71	
Gambar 4. 10 Tampilan Menu Utama	71
Gambar 4. 11 Tampilan HMI Mode Penyimpanan (Put)	72
Gambar 4. 12 Tampilan mode TAKE ketika seluruh loker dalam kondisi kosong (tombol berwarna hijau dan tidak dapat dipilih).	73
Gambar 4. 13 Tampilan mode TAKE ketika seluruh loker masih berisi koper (tombol berwarna merah dan dapat dipilih)	73
Gambar 4. 14 Tampilan Input PIN Loker.....	74
Gambar 4. 15 Input Pin Loker S, M dan L	74
Gambar 4. 16 Proses Pembayaran QRIS	75
Gambar 4. 17 Tampilan HMI Transaction Success.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	17
Tabel 2. 2 Spesifikasi NodeMCU32.....	25
Tabel 2. 3 Spesifikasi 5 Inch Nextion NX8048T050	25
Tabel 2. 4 Spesifikasi Solenoid Door Lock.....	28
Tabel 2. 5 Spesifikasi ultrasonik HC-SR04.....	29
Tabel 2. 6 Spesifikasi Step-Down LM2956	31
Tabel 2. 7 Spesifikasi Step-Down XL4015.....	32
Tabel 2. 8 Spesifikasi Relay Modul 3 Channel	33
Tabel 2. 9 Spesifikasi Power Supply 12 VDC 10 A	35
Tabel 3. 1 Status Output Logika.....	41
Tabel 3. 2 Status Output Pada Spreadsheet	42
Tabel 3. 3 Penggunaan pin I/O ESP32	46
Tabel 4. 1 Tabel Peralatan Pengujian Yang Digunakan.....	55
Tabel 4. 2 Tabel Keseluruhan sistem	56
Tabel 4. 3 Hasil pengukuran Sensor ultrasonik.....	58
Tabel 4. 4 Rentang Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L.....	60
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L.....	61
Tabel 4. 6 Tabel Hasil Pengukuran Tegangan Solenoid Door Lock.....	62
Tabel 4. 7 Tabel Hasil Pengukuran Daya Solenoid Door Lock	65
Tabel 4. 8 Tabel Hasil komunikasi pembayaran QRIS pada loker koper	66
Tabel 4. 9 Tabel Hasil Spreadsheet	69
Tabel 4. 10 Tabel Pengujian Sistem Secara Normal	77
Tabel 4. 11 Pengujian Sistem Secara Normal Pada Loker L	80
Tabel 4. 12 Tabel Pengujian Sistem Secara Acak.....	82
Tabel 4. 13 Tabel Pengujian Sistem dengan Gangguan Perbedaan Ukuran Koper	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan sistem penyimpanan barang yang aman dan efisien semakin meningkat, terutama di tempat-tempat umum seperti stasiun, bandara, dan pusat perbelanjaan. Sistem loker konvensional seringkali memiliki keterbatasan dalam hal keamanan dan kemudahan akses. Penggunaan kunci fisik dapat menimbulkan risiko kehilangan atau duplikasi kunci, serta tidak memungkinkan pemantauan jarak jauh [1].

Kehilangan barang, terutama koper, di fasilitas umum seperti bandara, stasiun, dan pusat perbelanjaan merupakan masalah yang sering dihadapi oleh banyak pihak. Fenomena ini terjadi karena berbagai faktor, salah satunya adalah kurangnya sistem pengawasan dan keamanan yang memadai [2]. Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022 menunjukkan bahwa di lingkungan stasiun kereta api dan bandara, lebih dari 20% kasus pencurian dan kehilangan barang terjadi dalam sistem penitipan barang yang tidak diawasi dengan baik [3]. Pada tahun 2023, Perpustakaan Nasional Indonesia juga mengalami kasus serupa, di mana barang tertinggal di loker tidak teridentifikasi dengan cepat dan tidak ditemukan, sehingga membuat pengelola meningkatkan mekanisme pengawasan loker melalui sistem kunci elektronik dan pengawasan video [4].

Pada Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian mengatur bahwa setiap stasiun kereta api wajib menyediakan fasilitas pendukung, termasuk ruang penitipan barang, guna menunjang kenyamanan penumpang. Hal ini diperkuat oleh Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 83 Tahun 2021 yang menekankan pentingnya peningkatan kualitas pelayanan angkutan penumpang umum melalui penyediaan fasilitas seperti penitipan barang, terutama di kawasan strategis nasional. Di sektor transportasi udara, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2012 menyebutkan bahwa bandara harus menyediakan fasilitas terminal penumpang termasuk layanan penitipan barang untuk mendukung kelancaran arus penumpang dan barang. Pada

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 40 Tahun 2015 menetapkan bahwa terminal tipe B wajib menyediakan fasilitas penitipan barang yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, dan hal ini turut ditegaskan dalam Peraturan Daerah Kota Yogyakarta Nomor 6 Tahun 2013.

Pembuatan atau perancangan alat penitipan barang menjadi salah satu terobosan agar meningkatkan kualitas layanan penitipan barang seperti dalam penelitian Ramadhannisa Kinanti (2022), tersedianya fasilitas kerja yang mendukung termasuk layanan penitipan barang, memiliki dampak positif terhadap kenyamanan pengguna dan efisiensi operasional [5]. Fakta ini mengindikasikan bahwa transformasi digital terhadap layanan penitipan barang berpotensi untuk meningkatkan kualitas pelayanan publik secara menyeluruh. Terdapat penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Adjie Bhawadzier et al (2024) juga membuat atau merancang dengan topik *smart locker* ini dengan judul Rancang Bangun Sistem Penitipan Loker Koper Otomatis Berbasis IoT dengan Autentikasi RFID dan Monitoring Firebase. Penelitian tersebut menggunakan Arduino Uno sebagai kontrolernya dan pengujiannya menghasilkan pemantauan loker sudah berisi atau kosong secara *Real-Time*, dan dapat diakses secara langsung melalui aplikasi dari web [6]. Penelitian lainnya ditulis oleh Doni Marchelino Adji Pamungkas (2022) dengan judul Loker Penitipan Barang Dengan Pengaman Sidik Jari [7]. Penelitian tersebut dapat menyimpan data dari 100-200 data. Penulis Ivan Gina (2023) dengan judul Implementasi Loker Pintar Yang Terintegrasi Dengan E-Money Berbasis Internet of Things (IoT) [8]. Penelitian tersebut menggunakan QR Code dibuat hanya sekali pakai (token unik untuk tiap penitipan), namun tanpa adanya verifikasi *One Time Password* (OTP). Penulis Thalia Maylania Hartono (2023) dengan judul Rancang Bangun Sistem Keamanan Canggih untuk Loker Penyimpanan Menggunakan Internet of Things Berbasis Fingerprint dan One Time Password. Penelitian tersebut menggunakan keypad untuk memasukkan OTP, jika sesuai solenoid door lock diaktifkan untuk membuka loker [9].

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penulis membuat sistem dengan judul *Smart Locker Suitcase* berbasis IoT dengan sistem pembayaran *Quick Response Code Indonesian Standard* (QRIS) untuk dapat mengoptimalkan pelayanan penitipan barang publik untuk koper. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler

NodeMCU ESP32 untuk Sensor, Aktuator dan *Internet of Things* (IoT) sebagai sistem monitoring melalui *Spreadsheet*. Fungsi dari sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan koper di dalam loker, yang kemudian status tersebut akan dikirimkan ke *Spreadsheet*, dari hasil status loker koper akan juga ditampilkan ke *Human Machine Interface* (HMI), *Limit Switch* untuk mendeteksi apabila pintu loker tidak tertutup dan sebagai *trigger* pada *Relay 4 Channel* untuk *Solenoid Door Lock*, dan sistem ini dapat diawasi status loker secara *real-time* menggunakan *Spreadsheet*, serta HMI Nextion 5 Inch NX8048T050 berfungsi untuk menampilkan dan menentukan taruh atau ambil nya koper pada loker dan melakukan transaksi menggunakan QRIS.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem penitipan koper berbasis IoT?
2. Bagaimana merancang sistem menggunakan Human Machine Interface (HMI) Nextion pada rancang bangun *Smart Locker Suitcase*?
3. Bagaimana mengintegrasikan pembayaran QRIS ke dalam sistem penitipan koper?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Guna meningkatkan kualitas fasilitas layanan penitipan barang yang memiliki dampak positif terhadap kenyamanan pengguna dan efisiensi operasional.
2. Merancang sistem yang dapat mendorong program digitalisasi sistem pembayaran non-tunai
3. Mempermudah transaksi pengguna tanpa perlu banyak aplikasi pembayaran

1.4 Manfaat

Manfaat yang akan didapatkan dalam pembuatan Tugas Akhir adalah Penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan layanan penitipan barang melalui implementasi Smart Locker Suitcase berbasis Internet of Things (IoT) dengan sistem pembayaran QRIS, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan transaksi dan akses loker secara mandiri, serta mendukung pengembangan teknologi otomasi pada fasilitas penyimpanan barang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Sistem ini dirancang untuk lingkungan tertutup seperti stasiun, bandara, atau terminal, tanpa mempertimbangkan penggunaan di area terbuka yang rentan terhadap cuaca ekstrem.
2. *Smart Locker Suitcase* hanya digunakan untuk penitipan koper dan tidak untuk jenis barang lainnya dengan maksimal ukuran kecil (panjang 37cm, lebar 22cm, tinggi 55cm), ukuran sedang (panjang 45cm, lebar 25cm, tinggi 68cm), ukuran besar (panjang 53cm, lebar 38cm, dan tinggi 85cm).
3. Sensor yang digunakan adalah sensor Ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan koper di dalam loker dan Limit Switch untuk mendeteksi kondisi pintu terbuka atau tertutup.
4. Pembayaran QRIS dapat digunakan hanya beberapa Bank dan Non-Bank yang mendukung di Indonesia, Thailand, Malaysia, Singapura, Filipina, Vietnam, Laos, Brunei Darussalam, Jepang, dan Korea Selatan.
5. Kode QRIS yang digunakan bersifat tetap dan tidak dapat diubah.
6. Pembacaan data sensor dan QRIS akan dikirimkan melalui Spreadsheet dan status loker akan di atur oleh HMI Nextion.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah metode Research and Development (R&D). Metode R&D merupakan metode penelitian yang bertujuan menghasilkan suatu produk serta menguji kinerja produk yang dikembangkan. Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, evaluasi, serta penyempurnaan produk. Berikut adalah tahapan-tahapan yang akan dikerjakan penulis;

1. Perumusan Masalah

Pada tahap awal akan dilakukan perumusan masalah yang diperoleh berdasarkan penelitian terlebih dahulu, yang akan menjadi latar belakang peneliti untuk diselesaikan.

2. Tinjauan Pustaka

Tahap ini dilakukan pengumpulan studi dan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini sebagai pendukung dari penelitian ini untuk membantu mencari solusi yang tepat.

3. Perancangan Sistem

Pada tahap yang ketiga ini, Penulis akan mencoba untuk menguraikan perangkat baik lunak maupun keras yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian beserta menyiapkan gambaran alur kerja penelitian untuk tahapan selanjutnya.

4. Implementasi Sistem

Tahap ini difokuskan kepada implementasi perangkat lunak dan kerasnya sesuai dengan alur yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya baik dengan merangkai perangkat keras maupun melakukan coding dan konfigurasi dengan perangkat lunak.

5. Pengujian Sistem

Tahap pengujian ini bertujuan supaya semua sistem dan perangkat bekerja sesuai dengan yang diharapkan dari data yang diterima nantinya.

6. Kesimpulan

Tahap akhir ini merupakan tahap untuk menampilkan hasil akhir peneliti beserta kesimpulannya.

1.7 Sistematika Proposal Tugas Akhir

Kerangka penulisan penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dengan membuat ringkasan susunan kerangka dari penelitian Tugas Akhir ini. Berikut adalah 5 Bab kerangka penulisan penelitian:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, metode penelitian, dan kerangka penulisan penelitian.

2. BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi teori-teori yang berkaitan dengan penelitian dan pengembangan *Smart Locker Suitcase* berbasis Internet of Things (IoT) dengan pembayaran QRIS. Selain itu, bab ini membahas penelitian terdahulu, konsep dasar sistem *Smart Locker*, teknologi IoT, sistem pembayaran QRIS, serta komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai landasan dalam perancangan dan implementasi sistem.

3. BAB III ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini akan membahas tentang kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan serta merancang alur kerja untuk diimplementasikan pada bab selanjutnya.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan berisi tentang proses pengerjaan dan hasil berupa data yang diperoleh dari sistem yang telah diimplementasikan sesuai dengan alur kerja pada bab sebelumnya.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari implementasi sistem ini dan saran untuk pengembangan selanjutnya apabila terdapat hal yang belum terpikirkan oleh penulis.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah meninjau dari jurnal maupun penelitian, didapatkan beberapa penelitian yang berhubungan dan sudah dilakukan. Beberapa penelitian tersebut yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

No	Judul Penelitian	Keterangan	Perbaikan
1.	Rancang Bangun Sistem Penitipan Loker Koper Otomatis Berbasis IoT dengan Autentikasi RFID dan Pemantauan <i>Real-Time</i> (Adjie Bhawadzier, dkk, 2024)	Sistem yang dirancang menggabungkan autentikasi RFID dengan modul ESP32-CAM untuk keamanan loker berbasis Internet of Things. Setiap pengguna dapat membuka loker dengan menempelkan kartu RFID, lalu kamera otomatis akan mengambil gambar isi loker yang dikirimkan ke akun Telegram pengguna. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk mengontrol alur logika sistem, sedangkan ESP32-CAM menangani proses capture dan pengiriman gambar secara <i>real-time</i> [6].	komunikasi data masih bersifat satu arah (simplex) dan ketergantungan tinggi terhadap jaringan internet. Jika koneksi internet tidak stabil, proses pengiriman gambar akan terganggu sehingga fungsi monitoring tidak berjalan optimal.
2.	Loker Penitipan Barang Dengan	Sistem loker yang dikembangkan	Sistem ini tidak dilengkapi dengan

Pengaman Sidik Jari (Doni Marchelino Adji Pamungkas, 2022)	mengandalkan autentikasi biometrik berupa sidik jari untuk membuka dan mengunci pintu loker. Sensor fingerprint digunakan untuk mendaftarkan dan memverifikasi pengguna secara lokal [7].	fitur IoT atau monitoring jarak jauh, sehingga pengguna tidak dapat memantau status loker secara <i>real-time</i> , sensor sidik jari seringkali mengalami kegagalan pembacaan ketika jari dalam kondisi basah, kotor, atau tidak tepat posisi. Penyimpanan data sidik jari terbatas (biasanya hanya 100–200 data)
3. Implementasi Loker Pintar Yang Terintegrasi Dengan E-Money Berbasis Internet of Things (IoT) (Ivan Gina, 2023)	sistem loker koper pintar yang terintegrasi dengan sistem pembayaran e-money serta dikendalikan melalui <i>Internet of Things</i> (IoT). Pengguna dapat memesan dan membuka loker menggunakan aplikasi mobile, serta melakukan pembayaran non-tunai melalui platform e-money. Sistem dilengkapi dengan <i>magnetic switch</i> sebagai sensor keamanan untuk mendeteksi status pintu loker. Data disimpan	Kekurangan utama dari sistem ini adalah ketergantungan terhadap koneksi internet, yang dapat mengakibatkan penurunan kinerja jika jarak antara perangkat dengan access point terlalu jauh.

secara cloud dan dapat diakses untuk keperluan audit maupun monitoring.

[8]

4. Rancang Bangun Sistem penitipan ini sensor sidik jari Sistem Keamanan dirancang untuk seringkali mengalami Canggih untuk Loker meningkatkan keamanan kegagalan pembacaan Penyimpanan dengan verifikasi dua ketika jari dalam Menggunakan lapis, yaitu fingerprint kondisi basah, kotor, Internet of Things dan One Time Password atau tidak tepat posisi, Berbasis Fingerprint (OTP). Pengguna serta biaya dan One Time memindai sidik jari implementasi yang Password (Thalia mereka terlebih dahulu, lebih besar Maylania Hartono, dan jika cocok, sistem dibandingkan sistem 2023) akan mengirimkan OTP berbasis RFID melalui aplikasi Lock Locker yang terhubung ke internet. Pengguna memasukkan OTP tersebut melalui keypad untuk membuka solenoid lock. Sistem ini berbasis NodeMCU ESP8266 dan diintegrasikan dengan platform cloud untuk manajemen data [9].
-

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Locker System

Lemari penyimpanan (*locker system*) merupakan fasilitas penyimpanan individu yang dirancang untuk menjaga keamanan barang dalam periode waktu tertentu. Locker banyak digunakan pada fasilitas umum seperti stasiun, bandara, pusat perbelanjaan, dan institusi pendidikan. Pada sistem konvensional, mekanisme pengamanan umumnya masih menggunakan kunci mekanik atau kombinasi angka manual, yang memiliki keterbatasan dalam aspek pengawasan dan pencatatan penggunaan [10]. Selain itu, risiko kehilangan kunci atau duplikasi akses menjadi salah satu kelemahan utama sistem manual tersebut [11].

Perkembangan teknologi mikrokontroler mendorong transformasi sistem locker menjadi berbasis elektronik. Pada sistem ini, proses buka dan kunci pintu dilakukan secara otomatis melalui aktuator yang dikendalikan oleh program tertanam pada mikrokontroler [12]. Penelitian mengenai smart locker menunjukkan bahwa integrasi sistem kendali elektronik memungkinkan pencatatan aktivitas pengguna secara digital dan meningkatkan efisiensi operasional [13]. Konsep tersebut menjadi dasar pengembangan *smart locker*, yaitu sistem penyimpanan yang terintegrasi dengan sensor dan perangkat kendali untuk meningkatkan keamanan dan kemudahan pengelolaan.

Dalam penelitian ini, locker dirancang sebagai media penyimpanan koper dengan mekanisme penguncian menggunakan solenoid door lock yang dikontrol oleh mikrokontroler ESP32. Penggunaan aktuator elektromagnetik sebagai sistem penguncian telah banyak diterapkan pada sistem keamanan berbasis elektronik karena memiliki respons cepat dan mudah diintegrasikan dengan sistem kendali digital [14].

2.2.2 Sistem Keamanan pada *Smart Locker*

Keamanan merupakan aspek utama dalam perancangan sistem penyimpanan otomatis. Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, sistem keamanan pada *Smart Locker* umumnya dibangun melalui kombinasi mekanisme fisik dan sistem kontrol berbasis sensor [15]. Integrasi antara penguncian mekanik dan validasi elektronik bertujuan untuk meningkatkan reliabilitas sistem serta meminimalkan kesalahan operasional.

Keamanan fisik diwujudkan melalui penggunaan solenoid door lock yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Mekanisme ini memungkinkan pintu terkunci secara otomatis ketika tidak diberi tegangan dan terbuka saat menerima sinyal aktivasi dari mikrokontroler. Sistem penguncian berbasis solenoid dinilai lebih terkontrol dibandingkan kunci manual karena akses pembukaan pintu sepenuhnya bergantung pada sistem elektronik.

Keamanan elektronik diterapkan melalui penggunaan sensor sebagai alat verifikasi kondisi aktual loker. Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang suara frekuensi tinggi untuk mendeteksi keberadaan objek [16]. Sementara itu, limit switch digunakan untuk mendeteksi kondisi tertutup atau terbukanya pintu melalui kontak mekanik sederhana [17]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan validasi ganda melalui sensor mampu mengurangi risiko kesalahan seperti pintu tidak tertutup sempurna atau kesalahan deteksi keberadaan barang.

Selain itu, sistem juga menerapkan keamanan berbasis logika kendali (*logic-based control*). Setiap proses pembukaan pintu tidak hanya bergantung pada satu input, tetapi memerlukan verifikasi beberapa parameter sebelum keputusan diambil. Pendekatan ini dikenal sebagai *condition-based control* dan banyak digunakan dalam sistem otomasi untuk meningkatkan keandalan dan keamanan operasional [18].

2.2.3 Otomatisasi Sistem

Otomatisasi merupakan penerapan sistem kendali yang memungkinkan perangkat bekerja secara mandiri berdasarkan algoritma yang telah diprogram. Dalam sistem berbasis mikrokontroler, otomatisasi dilakukan melalui proses pembacaan input, pemrosesan data, dan pemberian output sebagai aksi kendali [19]. Konsep ini banyak diterapkan pada sistem keamanan modern untuk mengurangi ketergantungan pada intervensi manual.

Pada penelitian ini, mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali sistem. ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan data serta konektivitas WiFi yang mendukung integrasi sistem berbasis Internet of Things (IoT) [20]. Perangkat ini membaca data dari sensor ultrasonik dan limit switch, menerima sinyal verifikasi

pembayaran, kemudian mengontrol relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan solenoid door lock sesuai dengan logika yang telah dirancang.

Sistem bekerja dalam pola pemantauan berulang (*looping system*), di mana mikrokontroler secara kontinu memeriksa kondisi sensor untuk mendeteksi perubahan status loker. Pendekatan ini memungkinkan sistem merespons kondisi secara *real-time* dan melakukan transisi proses hanya ketika parameter yang ditentukan terpenuhi. Dengan integrasi sensor, aktuator, dan mikrokontroler, sistem *Smart Locker* mampu bekerja secara otomatis, efisien, dan memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi dibandingkan sistem manual.

2.2.4 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana berbagai perangkat fisik terhubung ke internet dan dapat berkomunikasi serta bertukar data tanpa intervensi manusia secara langsung. Perangkat-perangkat ini dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan perangkat lunak yang memungkinkan mereka untuk mengumpulkan, mengirim, dan menerima data melalui jaringan internet. Tujuan utama dari IoT adalah menciptakan sistem yang cerdas dan otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup manusia [21].

IoT telah banyak diterapkan dalam sistem penyimpanan pintar atau *Smart Locker* untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna. Salah satu penerapan IoT pada *Smart Locker* menggunakan Arduino dan modul ESP8266 sebagai pengendali utama. Sistem ini dilengkapi dengan sensor getar, RFID, dan *limit switch* untuk mendeteksi kondisi loker, serta terintegrasi dengan aplikasi Telegram untuk memberikan notifikasi kepada pengguna. Selain itu, informasi pendapatan pengelola dapat dipantau secara *real-time* melalui *website*. *Smart lock* menggunakan RFID berbasis IoT untuk loker perpustakaan. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk membuka loker menggunakan kartu RFID, dan pengelola dapat memantau akses loker secara jarak jauh melalui aplikasi [22].

2.2.5 QRIS

Melihat perkembangan ini, Bank Indonesia bersama Asosiasi Sistem Pembayaran Indonesia (ASPI) mengembangkan *Quick Response Code Indonesian Standard* (QRIS) [23]. QRIS adalah standar nasional untuk pembayaran menggunakan QR Code, yang dibuat agar semua aplikasi dompet digital bisa

digunakan di berbagai tempat tanpa perlu kode yang berbeda-beda. Jadi, cukup satu aplikasi, semua transaksi bisa dilakukan. QRIS juga dibuat untuk memastikan sistem pembayaran di Indonesia lebih cepat, mudah, murah, aman, dan handal [24][25].

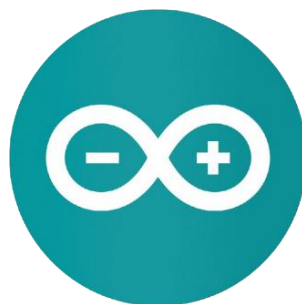
2.2.6 Spreadsheet

Spreadsheet adalah aplikasi lembar kerja berbasis cloud yang memungkinkan pengguna untuk membuat, mengedit, dan berbagi data secara *real-time* melalui jaringan internet. Aplikasi ini memiliki keunggulan dalam hal kolaborasi, fleksibilitas akses, serta kemampuan integrasi dengan layanan lain seperti Google Apps Script, yang mendukung otomatisasi dan pengolahan data secara dinamis. Dalam konteks *Internet of Things* (IoT), Google Spreadsheet sering digunakan sebagai media pencatatan data sensor secara otomatis, sehingga memudahkan pemantauan dan analisis tanpa perlu perangkat lunak tambahan yang kompleks [26].

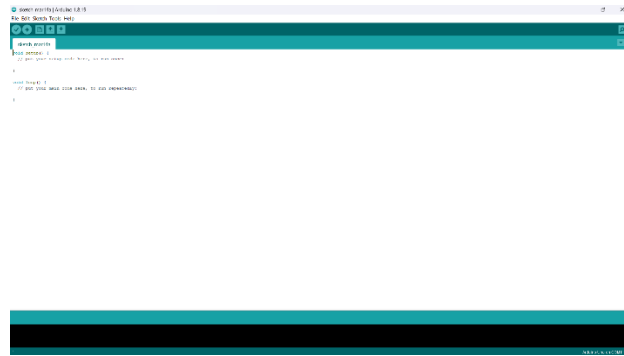
Salah satu contoh penerapan spreadsheet dalam sistem IoT pada *Smart Locker* berbasis RFID. Dikembangkan sistem keamanan loker yang menggunakan RFID untuk otentikasi pengguna dan Google Spreadsheet untuk mencatat aktivitas akses. Setiap kali pengguna mengakses loker dengan kartu RFID, data seperti waktu akses dan identitas pengguna secara otomatis dicatat dalam spreadsheet, memungkinkan pemantauan dan manajemen akses yang efisien [27].

2.2.7 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak lintas platform yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah kode program ke papan mikrokontroler dilengkapi dengan pustaka Wiring yang memudahkan operasi input/output [28].



Gambar 2. 1 Arduino IDE

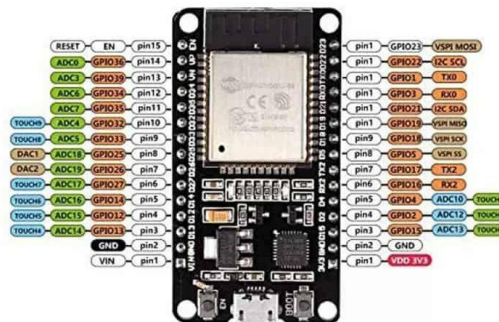


Gambar 2. 2 Tampilan Sketch

Pada gambar 2.2 merupakan tampilan pada *software* Arduino IDE. *Sketch* merupakan program yang dibuat menggunakan Arduino IDE. Saat disimpan, file *sketch* akan memiliki ekstensi .ino. Dalam penulisan program pada Arduino IDE, terdapat beberapa struktur dasar yang perlu diperhatikan [29].

2.2.8 NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah modul mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems sebagai penerus dari ESP8266. Modul ini mengintegrasikan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, memungkinkan pengembangan aplikasi Internet of Things (IoT) yang lebih kompleks dan efisien [30]. Dengan dukungan berbagai protokol komunikasi seperti SPI, I2C, dan UART, serta fitur-fitur seperti PWM dan ADC, ESP32 menjadi pilihan populer dalam pengembangan sistem otomatisasi dan kontrol jarak jauh [31].



Gambar 2. 3 NodeMCU ESP32

Pada Gambar 2.3 menunjukkan salah satu jenis *mikrokontroler* yang digunakan pada penelitian ini. NodeMCU ESP32 merupakan generasi selanjutnya dari NodeMCU ESP8266 yang menggunakan prosesor Dual-Core Xtensa LX6 dengan frekuensi hingga 240 MHz sebagai komponen pengendalian utamanya. NodeMCU ESP32 ini memiliki jumlah pin lebih banyak daripada NodeMCU

ESP8266, yaitu ± 30 pin digital I/O, 18 pin analog *input* (ADC) dan 2 pin analog *output* (DAC), 25 pin *Pulse Width Modulation* (PWM), 2-3 pin *Port Serial* (I2C, SPI, UART). Dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi NodeMCU32

Spesifikasi NodeMCU ESP32	
<i>Processor</i>	Dual-core Tensilica LX6 with a frequency of up to 240 MHz.
<i>SRAM</i>	± 520 KB
<i>Flash Memory</i>	16 MB
<i>Digital I/O</i>	± 30 pin
<i>Analog Input</i>	18 pin (12-bit)
<i>Analog Output</i>	2 pin (8-bit DAC)
<i>Wireless Connectivity</i>	Wi-Fi 802.11 b/g/n Bluetooth 4.2
<i>Wi-Fi Frequency</i>	2,4 GHz
<i>Data Interfaces</i>	UART, I2C, SPI, DAC, ADC
<i>Operating Voltage</i>	3.3V
<i>Dimensions</i>	48 mm x 26 mm x 11,5 mm

2.2.9 Nextion NX8048T050



Gambar 2. 4 Nextion NX8048T050

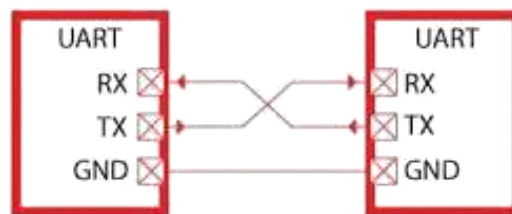
Human Machine Interface (HMI) adalah antarmuka yang memungkinkan interaksi antara manusia dan mesin atau sistem. Dalam konteks otomasi dan sistem tertanam, HMI berfungsi sebagai media untuk memantau dan mengendalikan proses melalui tampilan visual dan input pengguna. Penggunaan HMI meningkatkan efisiensi operasional dan mempermudah diagnostik sistem [31].

Tabel 2. 3 Spesifikasi 5 Inch Nextion NX8048T050

Spesifikasi 5 Inch Nextion NX8048T050	
Display Size	5.0 inch TFT LCD
Touch Panel	Resistive touch screen
Resolution	800 x 480 pixels
Flash Memory	16MB
RAM	3584 bytes
Operation Voltage	4.75 V- 7 V DC
Operation Current	410mA
Interface	UART (TTL: TX, RX, VCC, GND)
Compatible	Arduino, ESP32, STM32, Raspberry Pi, and other MCU platforms.

Nextion NX8048T050 adalah modul HMI dengan layar TFT 5,0 inch beresolusi 800x480 piksel dan panel sentuh resistif. Modul ini dirancang untuk memudahkan integrasi dengan mikrokontroler melalui antarmuka serial TTL (Transistor-Transistor Logic) [33].

2.2.9.1 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)



Gambar 2. 5 UART

Merupakan metode komunikasi serial asinkron yang banyak digunakan pada sistem tertanam untuk pertukaran data antarperangkat tanpa memerlukan sinyal clock eksternal. Sinkronisasi data pada komunikasi UART dilakukan melalui kesepakatan parameter komunikasi, seperti *baud rate*, jumlah bit data, bit paritas, dan *stop bit*. Data dikirimkan secara serial dalam satu frame yang diawali dengan *start bit* sebagai penanda awal transmisi dan diakhiri dengan *stop bit* sebagai penanda akhir pengiriman data. Berdasarkan literatur teknik, komunikasi UART memiliki struktur yang sederhana, keandalan yang baik, serta mudah diimplementasikan, sehingga umum digunakan pada sistem kendali berbasis mikrokontroler [34].

Pada sistem berbasis ESP32 dan HMI Nextion, komunikasi UART digunakan sebagai media pertukaran data antara mikrokontroler dan antarmuka tampilan. ESP32 berperan sebagai pengolah data utama yang mengirimkan perintah maupun informasi status ke Nextion melalui pin Transmitter (TX), sementara Nextion mengirimkan respons atau data masukan pengguna melalui pin Receiver (RX). Komunikasi ini memungkinkan ESP32 mengendalikan tampilan, menerima perintah dari tombol HMI.

2.2.10 Limit Switch

Limit switch merupakan sensor mekanis yang berfungsi untuk mendeteksi posisi atau batas akhir pergerakan suatu objek dengan memanfaatkan kontak fisik sebagai pemicu perubahan kondisi listrik. Berdasarkan jurnal teknik otomasi, limit switch bekerja melalui aktuator yang akan mengubah kondisi kontak listrik dari Normally Closed (NC) menjadi Normally Open (NO) atau sebaliknya ketika mendapat tekanan mekanis. Terminal yang umum digunakan pada limit switch terdiri dari Common (COM), NC, dan NO, sehingga sensor ini mampu memberikan sinyal logika yang jelas terhadap kondisi posisi mekanik suatu sistem [35].

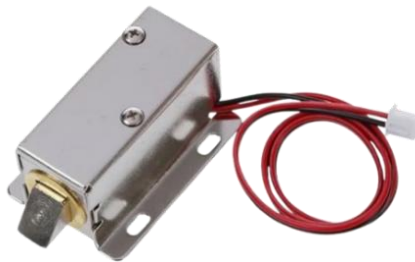


Gambar 2. 6 Limit Switch

Setiap posisi menghasilkan konfigurasi kontak yang berbeda sehingga sistem mampu mengenali lebih dari dua keadaan pergerakan. Prinsip kerja ini memberikan keunggulan dalam pendeteksian posisi secara bertahap dan meningkatkan keakuratan pengendalian sistem. Berdasarkan literatur jurnal, limit switch 3P banyak diterapkan pada sistem otomasi industri sebagai sensor pembatas gerak dan pengaman mesin karena memiliki konstruksi sederhana, keandalan tinggi, serta mudah diintegrasikan dengan sistem kontrol seperti PLC dan mikrokontroler [36].

2.2.11 Solenoid Door Lock

Sistem penguncian otomatis telah menjadi bagian penting dari perkembangan sistem keamanan modern. Berbeda dengan kunci mekanik konvensional, sistem ini memanfaatkan energi listrik untuk mengatur mekanisme buka-tutup kunci. Salah satu teknologi yang paling banyak digunakan dalam sistem ini adalah solenoid door lock [37]. sering diintegrasikan dengan mikrokontroler untuk mengatur logika buka-tutup berdasarkan input tertentu yang kemudian mengalirkan arus ke solenoid [38]. Salah satu contoh aktuator ini adalah Solenoid Door Lock 12 V LY-03, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Solenoid Door Lock 12 V LY-03

Tabel 2. 4 Spesifikasi Solenoid Door Lock

Spesifikasi <i>Solenoid Door Lock</i>	
Model	LY-03
Operating Voltage	12 VDC
Operating Current	~350 mA
Power Consumption	~4.2 W
Locking Mechanism	Fail-Secure (Locked without power)
Actuation Type	Spring return
Cable Length	~27 cm
Dimensions	Approx. 30 × 28 × 65 mm
Body Material	Stainless steel
Weight	~160 grams

2.2.12 Sensor ultrasonik HC-SR04



Gambar 2. 8 Sensor ultrasonik HC-SR04

Pada Gambar 2.8 ditunjukkan komponen sensor ultrasonik model HC-SR04. Sensor ini sering kali digunakan sebagai sensor jarak pendeteksi benda atau objek yang berada tepat hadapan sensor. Prinsip kerja sensor ini didasarkan pada pemancaran dan penerimaan gelombang ultrasonik. Sensor terdiri dari dua komponen utama, yaitu *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima). *Transmitter* akan memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 kHz ke arah depan. Apabila terdapat objek di depan sensor, gelombang tersebut akan dipantulkan kembali dan diterima oleh *receiver*. Jarak objek kemudian dihitung berdasarkan selisih waktu antara pemancaran dan penerimaan gelombang suara. Untuk menghitung jarak dapat diketahui melalui rumus berikut [39].

$$Jarak = \frac{Kecepatan\ suara \times waktu\ tempuh\ (s)}{2} \quad (2.2.2.1)$$

Tabel 2. 5 Spesifikasi ultrasonik HC-SR04

Spesifikasi Sensor ultrasonik HC-SR04	
<i>Operating Voltage</i>	5 VDC
<i>Operating Current</i>	15 mA
<i>Frequency</i>	40 kHz
<i>Measuring Range</i>	4 cm – 400 cm
<i>Measuring Accuracy</i>	±3 mm
<i>Measuring Angle</i>	≤ 15°
<i>Trigger Input Signal</i>	10 μs TTL pulse
<i>Echo Output Signal</i>	TTL level signal proportional to distance
<i>Interface</i>	4 pins (VCC, Trig, Echo, GND)
<i>Dimensions</i>	45 mm × 20 mm × 15 mm (approx.)
<i>Weight</i>	Approximately 10 g

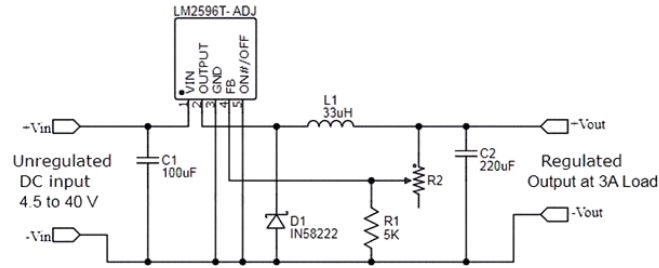
Pada Tabel 2.5 menunjukkan spesifikasi dari sensor ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini. Sensor ini bekerja pada tegangan operasi 5 Volt dengan arus sebesar 15 mA, sehingga sangat cocok digunakan bersama mikrokontroler. Sensor ini beroperasi pada frekuensi 40 kHz, yang merupakan frekuensi umum untuk gelombang ultrasonik sehingga aman dan tidak terdengar oleh manusia. Jarak jangkauannya berkisar antara 4 cm hingga 400 cm, dengan tingkat resolusi pengukuran sebesar 0,3 cm, memungkinkan pengukuran jarak yang cukup akurat. Ukuran fisiknya yang kecil, yaitu 45 mm x 20 mm x 15 mm, memudahkan integrasi sensor ini ke dalam sistem penitipan koper.

2.2.13 Modul Step Down LM2956



Gambar 2. 9 Step-Down LM2956

Pada Gambar 2.9 merupakan Modul *step-down* LM2956 yang merupakan perangkat konversi tegangan DC ke DC yang menggunakan IC LM2956 sebagai komponen utama untuk menurunkan tegangan *input* menjadi tegangan *output* yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi dan arus maksimal hingga 3 ampere. IC ini tersedia dalam dua varian, yaitu versi *adjustable* yang memungkinkan pengaturan tegangan keluaran melalui potensiometer (hingga sekitar 12 V), serta versi *fixed output* dengan tegangan tetap seperti 5 V atau 12 V. LM2956 beroperasi pada frekuensi *switching* 150 kHz, sehingga memungkinkan penggunaan komponen *filter* berukuran lebih kecil dibandingkan dengan regulator frekuensi rendah. Kelebihan dari IC LM2956 ini adalah tegangan *output* yang tidak berubah (stabil) walaupun tegangan *input* naik turun [40].



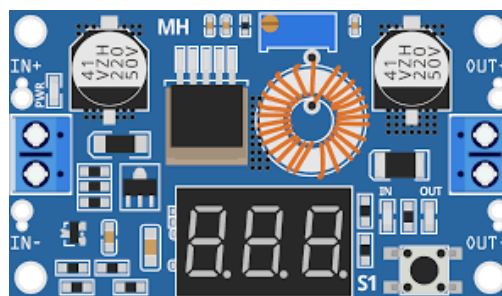
Gambar 2. 10 Skematik Step-Down LM2596

Tabel 2. 6 Spesifikasi Step-Down LM2596

Spesifikasi Step-Down LM2596	
<i>Input</i> Tegangan	4 – 40 V
<i>Output</i> Tegangan	1,25 – 37 V
Maksimal arus	3 A
Frekuensi	150 Khz
Dimensi	66 x 36 mm

Pada Tabel 2.6 menunjukkan spesifikasi dari modul Buck Converter LM2596, yang berfungsi sebagai penurun tegangan (*step-down*). Modul ini memiliki tegangan *input* dalam rentang 4 hingga 40 Volt, dengan tegangan *output* yang dapat disesuaikan antara 1,25 hingga 37 Volt. Modul ini membantu peneliti untuk menyesuaikan kebutuhan sistem dengan menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 5 V ke ultrasonik dan Relay.

2.2.14 Modul Step-Down XL4015

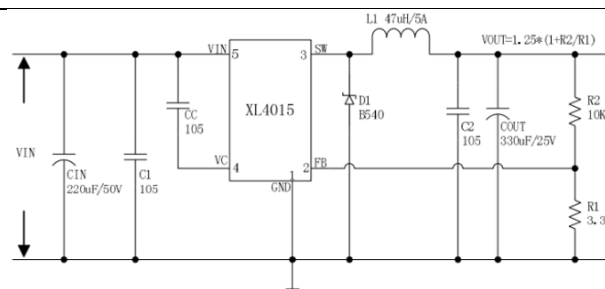


Gambar 2. 11 Step-Down XL4015

XL4015 merupakan modul step-down DC–DC berbasis IC switching regulator dengan frekuensi kerja sekitar 180 kHz. Modul ini umum digunakan untuk menurunkan tegangan input (misalnya 12 V atau 24 V) menjadi tegangan 5 V untuk sistem mikrokontroler, sensor, relay, dan perangkat elektronik lainnya [41]. Spesifikasi teknis utama XL4015 ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Step-Down XL4015

Spesifikasi Step-Down XL4015	
Tegangan Input	5 V – 36 V
Tegangan Output	1,25 V – 32 V (adjustable)
Arus Output Maksimum	5 A
Frekuensi Switching	180 kHz
Efisiensi Maksimum	96 %
Proteksi	Over Current, Over Temperature

**Gambar 2. 12** Skematik Step-Down XL4015

Modul XL4015 menggunakan kontrol umpan balik (feedback) untuk membandingkan tegangan output dengan tegangan referensi internal. Apabila tegangan output menurun, maka duty cycle akan dinaikkan oleh IC untuk menjaga kestabilan tegangan. Sebaliknya, jika output naik melebihi setpoint, duty cycle akan diturunkan. Dengan cara ini, output tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi beban. Modul ini membantu peneliti untuk menyesuaikan kebutuhan sistem dengan menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 5 V ke ESP32 dan HMI (Human Machine Interface).

2.2.15 Relay Modul 3 Channel

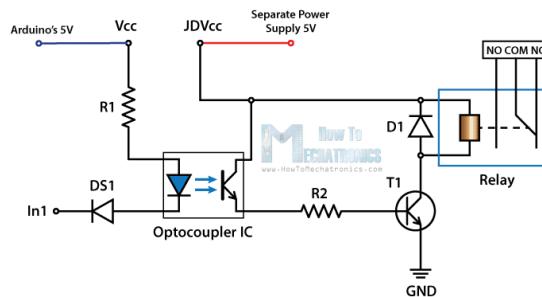
Relay adalah saklar elektromekanis yang bekerja dengan prinsip elektromagnetik, yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik bertegangan tinggi menggunakan sinyal bertegangan rendah. Ketika arus listrik mengalir melalui koil di dalam relay, medan magnet yang dihasilkan menarik saklar internal untuk berpindah posisi [42]. Relay terdiri dari kumparan (coil), armature (lengan penggerak), dan kontak (contact points). Saat tegangan diberikan ke coil, medan

magnet terbentuk dan menarik armature sehingga kontak berpindah dari posisi Normally Closed (NC) ke Normally Open (NO), atau sebaliknya.



Gambar 2. 13 Relay Modul 3 Channel

Modul Relay 3 Channel adalah papan sirkuit berisi tiga buah relay, yang dapat dikontrol secara individual melalui pin input dari mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, atau Raspberry Pi. Modul ini memungkinkan pengendalian tiga perangkat listrik secara terpisah [43].



Gambar 2. 14 Skematik Relay Modul 3 Channel

Tabel 2. 8 Spesifikasi Relay Modul 3 Channel

Spesifikasi Relay Modul 3 Channel	
Control Voltage	5 V-12 V
Trigger Current	20 mA
Max Load Capacity	250 VAC at 10 A or 30 VDC at 10 A
Interface Logic	HIGH/LOW
Electrical Isolation	Optocoupler

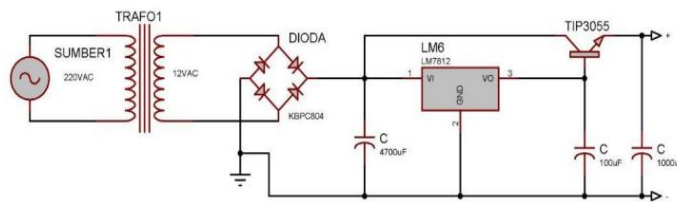
Modul relay 3 channel adalah solusi praktis untuk menghubungkan sistem kendali digital seperti mikrokontroler dengan perangkat elektronik bertegangan tinggi. Dengan karakteristik elektromekanisnya, sistem ini banyak digunakan dalam dunia industri dan otomasi rumah karena keandalan serta kemudahan penggunaannya.

2.2.16 Power Supply



Gambar 2. 15 Power Supply 12 V 10 A

Pada Gambar 2.15 menunjukkan komponen Power supply, atau yang dikenal sebagai catu daya dalam bahasa Indonesia, merupakan perangkat listrik yang berfungsi menyediakan energi listrik untuk peralatan listrik atau elektronik lainnya. power supply berperan sebagai penyedia sumber tegangan utama yang dihasilkan dari proses pengubahan tegangan *Alternating Current* (AC) menjadi sumber listrik *Direct Current* (DC) sebesar melalui prinsip *bridge rectified* (dioda penyearah). Power supply juga dikenal sebagai dengan istilah *Electric Power Converter* [44].



Gambar 2. 16 Skematik rangkaian Power Supply 12 V 10A

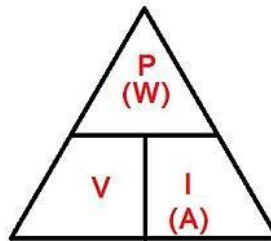
Tegangan DC yang dihasilkan dari proses penyearahan masih mengandung komponen harmonisa atau riak (*ripple*), sehingga perlu dilakukan proses penyaringan lebih lanjut. Untuk mengatasi hal ini, digunakan *capacitor filter* yang berfungsi mereduksi komponen harmonisa tersebut agar menghasilkan tegangan DC yang lebih halus dan stabil. Setelah melalui penyaringan, tegangan DC ini kemudian dialirkan ke *voltage regulator*. Komponen ini memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan tegangan *output*, sehingga tegangan DC yang dihasilkan tetap konstan dan stabil [45].

Pada penelitian, power supply digunakan untuk mengubah tegangan sumber PLN dari 220 VAC menjadi DC 12 V 10 A untuk mendistribusikan tegangan. Kemudian dari tegangan power supply akan diturunkan menggunakan *step down converter* dengan tegangan 5 V untuk menghidupkan sensor ultrasonik, relay dan HMI Nextion 5 Inch Nextion NX8048T050 dan ESP32.

Tabel 2. 9 Spesifikasi Power Supply 12 VDC 10 A

Spesifikasi Power Supply 12 VDC 10 A	
<i>Input Voltage</i>	100 – 240 VAC, 50/60Hz
<i>Output Tegangan</i>	12 VDC
<i>Output Voltage Control</i>	10.8 V – 13.8 VDC
<i>Output Current</i>	10 A
<i>Operation Temperature</i>	-10°C to +50°C
Dimensi	199 x 98 x 42 mm

2.2.17 Daya (Watt)

**Gambar 2. 17** Daya

Daya listrik merupakan besaran yang menyatakan laju penggunaan atau perpindahan energi listrik dalam suatu rangkaian per satuan waktu, dengan satuan internasional berupa watt (W), di mana 1 watt setara dengan 1 joule per detik. Secara umum, daya listrik dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan arus yang mengalir dalam rangkaian, sehingga hubungan dasarnya dinyatakan sebagai berikut:

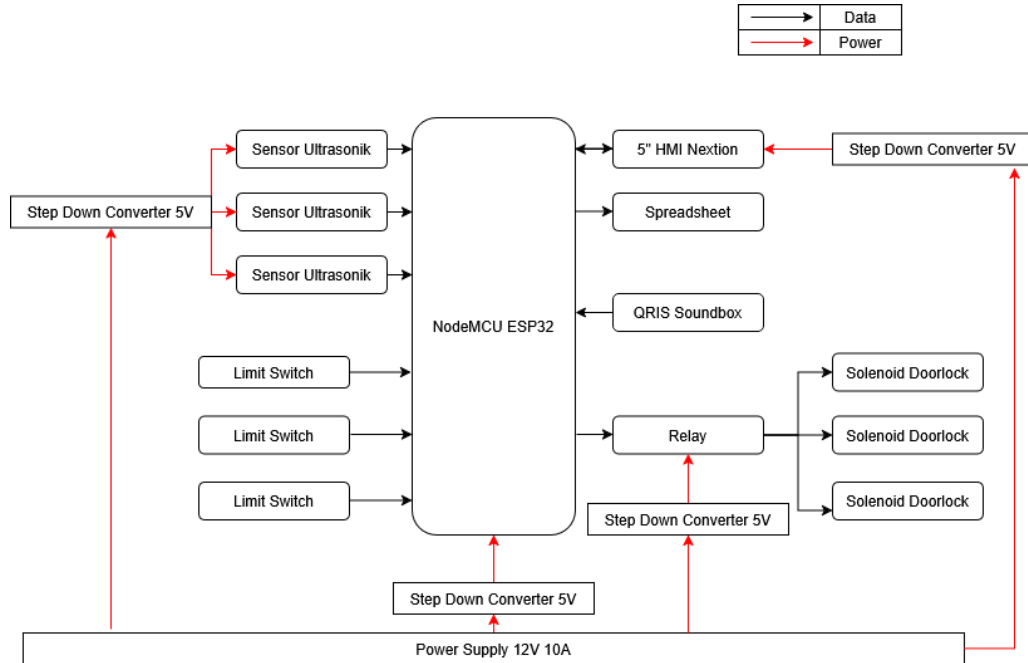
$$P = V \times I \quad (2.2.2.2)$$

berdasarkan Hukum Ohm, daya juga dapat diturunkan dalam bentuk lain yang melibatkan hambatan, sehingga analisis daya dapat dilakukan dengan berbagai parameter listrik yang tersedia. Dalam sistem arus bolak-balik (AC), daya listrik terbagi menjadi daya aktif, daya reaktif, dan daya semu yang masing-masing memiliki peran berbeda dalam kinerja sistem kelistrikan. Pemahaman mengenai konsep daya listrik ini sangat penting untuk menganalisis efisiensi, konsumsi energi, serta performa peralatan listrik dalam suatu sistem [46].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok



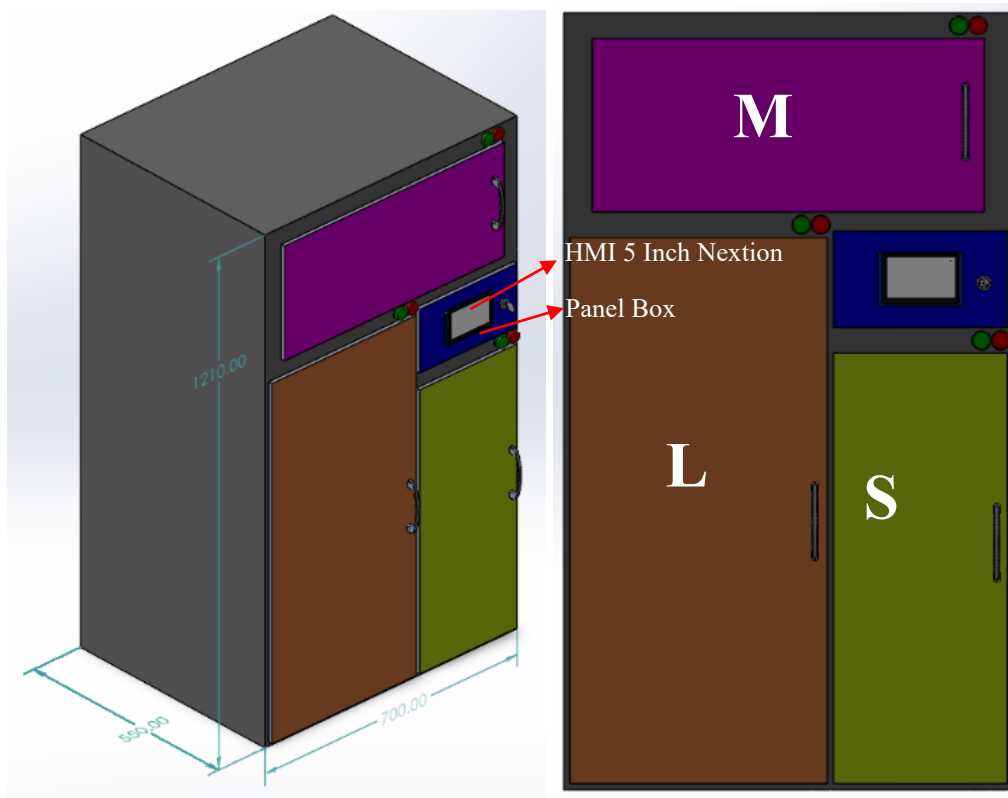
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Smart Locker

Berdasarkan diagram pada gambar 3.1, sistem dirancang dengan menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali utama yang bertugas menerima, memproses, dan mengolah data dari berbagai sensor serta mengendalikan aktuator berdasarkan program yang telah dirancang. Sumber daya utama berasal dari Power Supply 12 V 10A, yang kemudian didistribusikan melalui *Step Down Converter* untuk menghasilkan tegangan 5 V untuk sensor ultrasonik, relay dan HMI 5 Inch Nextion dan ESP32. Sistem sensor terdiri atas sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek koper, Limit switch digunakan untuk mendeteksi kondisi pintu loker, sedangkan relay digunakan sebagai aktuator untuk mengendalikan Solenoid Door Lock berdasarkan perintah dari ESP32. Informasi dari sensor-sensor dan aktuator akan diolah oleh ESP32, kemudian hasil pengolahan data dapat ditampilkan melalui HMI 5 Inch Nextion sebagai sarana pemilihan loker koper yang ditentukan oleh pengguna.

Pada bagian HMI 5 Inch Nextion akan menampilkan bagian loker yang terdapat isinya atau tidak pada tiap-tiap loker dengan penambahan Pilot Lamp pada tiap-tiap loker sebagai penanda seperti pada Pilot Lamp yang berwarna hijau

sebagai tanda kalau loker tersebut kosong atau dapat digunakan dan berwarna merah sebagai tanda kalau loker tersebut terdapat isi, dan penampilan Pilot Lamp dari hasil pembacaan sensor ultrasonik. Kemudian pada Limit Switch untuk pembacaan pintu loker dan sebagai trigger pada Relay untuk menggerakkan *Solenoid Door Lock*, cara kerjanya apabila Limit Switch tidak mendeteksi pintu maka *Solenoid Door Lock* tidak akan mengunci. Keseluruhan sistem ini dirancang untuk mendukung proses otomasi alat secara terpadu dan efisien.

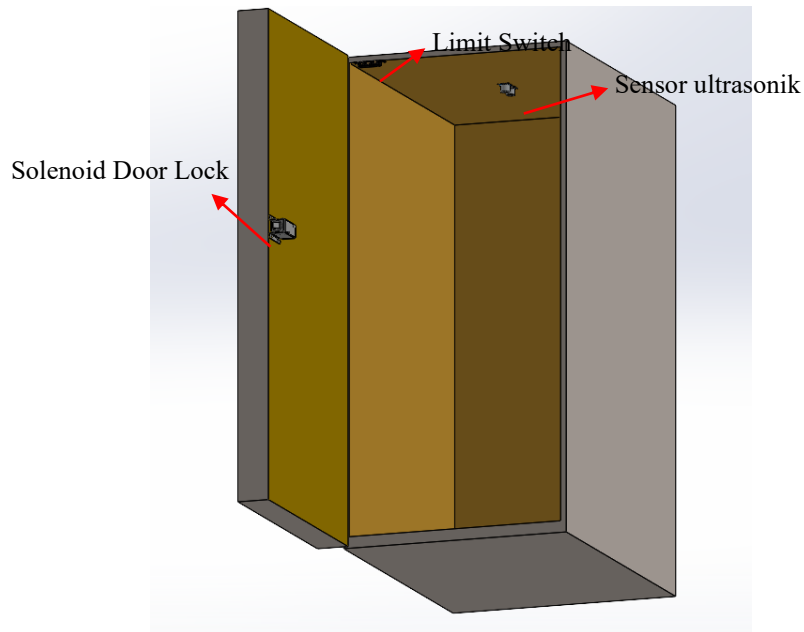
3.2 Gambar 3D



Gambar 3. 2 Model 3D Smart Locker

Pada Gambar 3.2 memperlihatkan rancangan keseluruhan alat beserta komponen-komponen yang digunakan. Pada gambar 3D ditunjukkan bahwa alat memiliki dimensi sebesar 70 x 55 x 144 cm, Panel Box memiliki dimensi 15 x 27 cm dan tiap loker dibagi 3 kategori yaitu kecil (S) memiliki dimensi 61 x 26 cm, sedang (M) memiliki dimensi 67 x 27 cm, dan besar (L) memiliki dimensi 85 x 40 cm. Rangkaian alat dimulai pada bagian luar loker, terdapat HMI Nextion 5 Inch yang digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk memilih ukuran loker, memasukkan kode akses, dan melakukan proses pembayaran QRIS.

Pada Gambar 3.3 terlihat tampak dalam loker terdapat sensor ultrasonik yang terpasang di dalam loker pada bagian atas loker yang berfungsi untuk mendeteksi objek ada isi atau kosong di dalam loker, dan Limit Switch sebagai trigger *Solenoid Door Lock*. Selain itu, masing-masing loker terdapat *Pilot Lamp* merah dan hijau yang berfungsi untuk pengguna mengetahui loker yang terdapat isinya maupun tidak.



Gambar 3. 3 Tampak Interior Smart Locker

3.3 Spesifikasi dan Fitur

Pada tugas akhir ini, diperlukan informasi detail rinci mengenai alat dan komponen yang digunakan pada saat pembuatan alat. Berikut adalah spesifikasi dan fungsi yang terdapat pada alat penitipan koper :

1. Menggunakan supply daya 220 VAC dan catu daya 12 VDC.
2. Menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan koper di dalam loker.
3. Menggunakan Limit Switch sebagai pemicu penguncian Solenoid Door Lock.
4. Menggunakan Solenoid Door Lock sebagai mekanisme pengunci dan pembuka pintu loker
5. Terdapat Pilot Lamp sebagai indikator kondisi loker, baik dalam keadaan kosong maupun terisi.

6. Menggunakan LCD 5 Inch Nextion sebagai tampilan utama untuk menentukan loker koper yang dipilih, memasukkan kode loker dan melakukan transaksi pembayaran QRIS.

3.4 Prinsip Kerja

Prinsip kerja Smart Locker berbasis Internet of Things (IoT) dengan pembayaran QRIS dirancang untuk mengelola proses penyimpanan dan pengambilan koper secara otomatis, aman, serta terdokumentasi secara real-time. Sistem terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu ESP32 sebagai pengendali utama, HMI Nextion 5 Inch sebagai antarmuka pengguna, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi keberadaan dan identifikasi ukuran koper, limit switch sebagai pendeteksi kondisi pintu loker, modul relay sebagai pengendali solenoid door lock, QRIS SoundBox sebagai verifikasi pembayaran, serta Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan data berbasis cloud. Seluruh komponen saling terintegrasi sehingga setiap proses dapat berlangsung secara otomatis sesuai logika sistem yang telah dirancang.

Ketika sistem dinyalakan, HMI terlebih dahulu menampilkan halaman Input PIN Admin sebagai proses autentikasi sebelum pengguna dapat mengakses sistem. Apabila PIN Admin yang dimasukkan sesuai dengan kode yang telah ditentukan, yaitu 1705, maka HMI akan menampilkan halaman MENU yang berisi pilihan mode PUT (Taruh Barang) dan TAKE (Ambil Barang). Sebaliknya, apabila PIN yang dimasukkan tidak sesuai, sistem akan menampilkan informasi bahwa PIN salah dan pengguna diminta untuk melakukan input kembali.

Pada mode PUT, pengguna memilih loker yang akan digunakan melalui HMI. ESP32 kemudian memeriksa kondisi setiap loker berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik. Loker yang masih kosong akan diaktifkan sehingga dapat dipilih, sedangkan loker yang telah berisi koper akan dinonaktifkan. Setelah loker dipilih, relay mengaktifkan solenoid door lock sehingga pintu loker terbuka. Pengguna kemudian memasukkan koper ke dalam loker dan menutup kembali pintu. Selanjutnya, limit switch digunakan untuk memastikan bahwa pintu telah tertutup dengan sempurna, sedangkan sensor ultrasonik digunakan untuk memastikan bahwa koper telah berada di dalam loker. Apabila pintu tidak tertutup dalam batas

waktu yang telah ditentukan, sistem akan menampilkan notifikasi kesalahan pada HMI.

Pada mode TAKE, HMI menampilkan loker yang masih berisi koper. Setelah pengguna memilih loker, sistem meminta pengguna memasukkan PIN Locker sebagai proses autentikasi. Apabila PIN yang dimasukkan sesuai dengan data yang tersimpan, sistem akan melanjutkan ke halaman pembayaran QRIS.

Khusus pada Loker L, sensor ultrasonik tidak hanya digunakan untuk mendeteksi keberadaan koper, tetapi juga mengidentifikasi ukuran koper berdasarkan hasil pembacaan jarak. Koper dengan jarak pembacaan 27–31 cm diidentifikasi sebagai koper ukuran S, jarak 22–26 cm sebagai koper ukuran M, sedangkan jarak 18–21 cm diidentifikasi sebagai koper ukuran L. Hasil identifikasi tersebut digunakan oleh ESP32 untuk menentukan tarif penyimpanan secara otomatis, yaitu Rp1.000 untuk koper S, Rp2.000 untuk koper M, dan Rp3.000 untuk koper L. Nominal tersebut kemudian ditampilkan pada halaman QRIS sebelum pengguna melakukan pembayaran.

Setelah QRIS SoundBox mengirimkan sinyal HIGH sebagai indikator bahwa pembayaran telah berhasil, ESP32 mengaktifkan relay sehingga solenoid door lock membuka pintu loker. Pengguna dapat mengambil koper, kemudian menutup kembali pintu loker. Limit switch memastikan pintu telah tertutup, sedangkan sensor ultrasonik melakukan pembacaan ulang untuk memastikan kondisi loker telah kosong. Setelah seluruh proses selesai, sistem kembali ke halaman MENU sehingga siap digunakan untuk transaksi berikutnya.

Setiap perubahan kondisi sistem dikirimkan secara otomatis ke Google Spreadsheet menggunakan metode HTTP POST melalui Google Apps Script. Data yang direkam meliputi waktu kejadian (*timestamp*), mode operasi (PUT atau TAKE), nomor loker, ukuran koper untuk Loker L, serta status proses yang sedang berlangsung. Dengan mekanisme tersebut, seluruh aktivitas pengguna dapat dipantau secara real-time sehingga memudahkan proses monitoring, dokumentasi transaksi, serta evaluasi kinerja sistem.

Tabel 3. 1 Status Output Logika

Status Sistem	Logika	Output
Autentikasi Admin Berhasil	PIN Admin benar	HMI menampilkan halaman MENU
Loker Dibuka	Mode PUT dan loker dipilih	Relay ON, solenoid membuka pintu
Barang Terdeteksi	Sensor ultrasonik mendeteksi koper dan limit switch aktif	Relay OFF, pintu terkunci, data tersimpan
Pintu Tidak Tertutup	Limit switch tidak aktif dalam batas waktu tertentu	HMI menampilkan notifikasi kesalahan
PIN Locker Benar	PIN Locker sesuai	HMI menampilkan halaman pembayaran QRIS
Pembayaran Berhasil	QRIS SoundBox = HIGH	Relay ON, pintu loker terbuka
Identifikasi Ukuran Koper L	Sensor ultrasonik membaca jarak 27–31 cm, 22–26 cm, atau 18–21 cm	Sistem menentukan ukuran koper dan tarif QRIS

Transaksi Selesai	Koper telah diambil dan pintu ditutup kembali	Sistem kembali ke halaman MENU dan mengirim data ke Google Spreadsheet
-------------------	---	---

Setiap perubahan status dikirimkan ke Google Spreadsheet dengan format pencatatan waktu (timestamp), mode operasi, loker, koper dan status sistem. Mekanisme ini memungkinkan proses monitoring dilakukan secara terpusat dan *real-time*, sehingga pengelolaan penggunaan loker menjadi lebih efisien, terstruktur, dan terdokumentasi dengan baik.

Contoh hasil pencatatan sistem ditunjukkan pada tabel berikut:

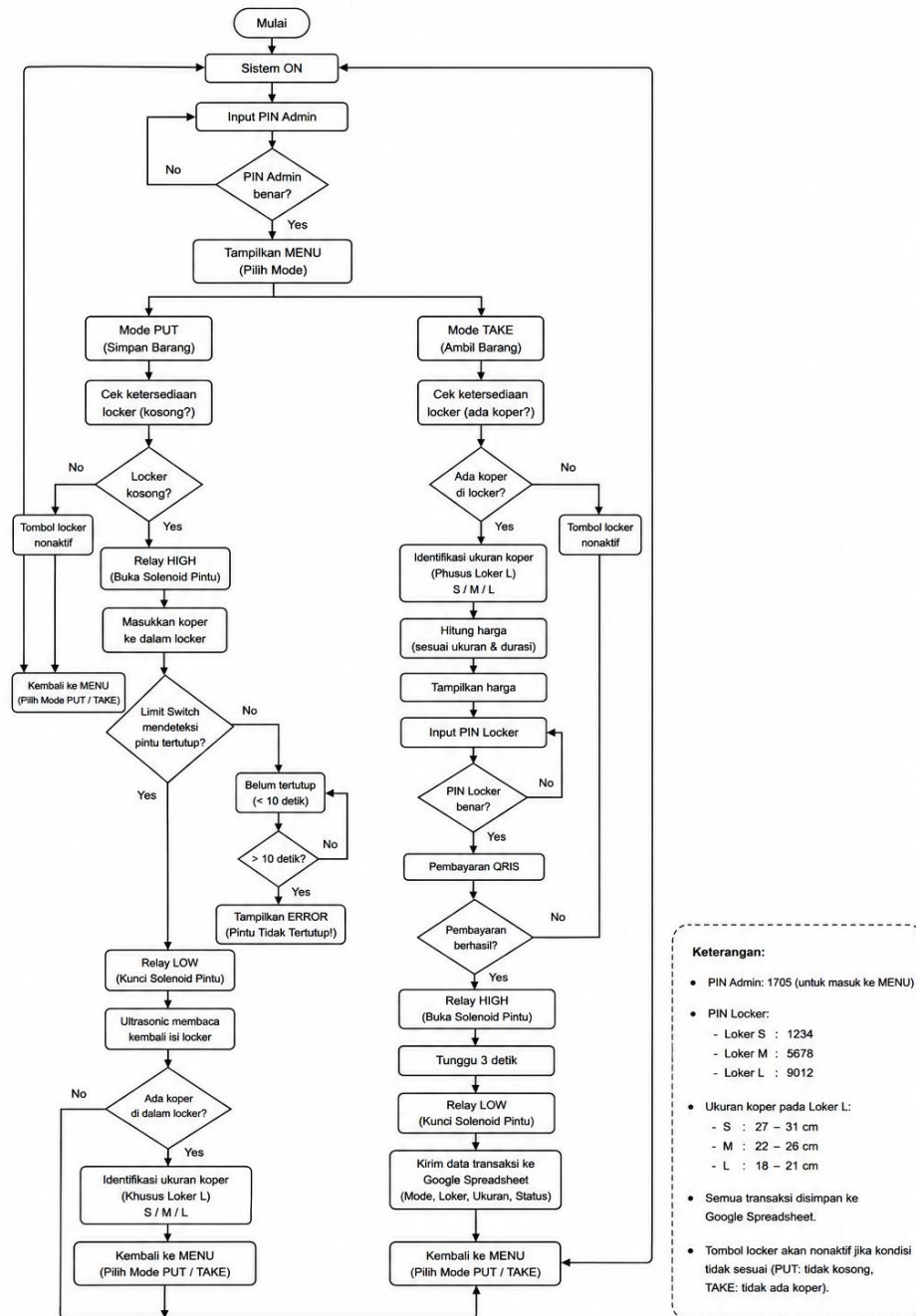
Tabel 3. 2 Status Output Pada Spreadsheet

Timestamp	Mode	Loker	Koper	Status
13/02/2026 16:07:03	PUT	S	-	Loker Dibuka
13/02/2026 16:07:08	PUT	S	-	Barang Terdeteksi
13/02/2026 16:19:56	TAKE	L	M	Pembayaran QRIS Berhasil
13/02/2026 16:24:31	PUT	L	S	Barang Terdeteksi

Berdasarkan Tabel 3.2, setiap perubahan status sistem berhasil direkam dan dikirimkan ke Google Spreadsheet secara *real-time*. Informasi yang tersimpan meliputi waktu kejadian, mode operasi, loker, koper, serta status sistem sehingga memudahkan proses monitoring dan pelacakan aktivitas pengguna.

3.5 Perancangan Sistem

3.5.1 Diagram Alir Alat



Gambar 3. 4 Flowchart Sistem Smart Locker

Pada Gambar 3.4 ditunjukkan flowchart sistem Smart Locker Suitcase berbasis Internet of Things (IoT) dengan metode pembayaran QRIS. Flowchart tersebut menggambarkan urutan proses kerja sistem mulai dari sistem dinyalakan hingga proses penyimpanan maupun pengambilan koper selesai dilakukan. Ketika

sistem aktif, pengguna terlebih dahulu diminta memasukkan PIN administrator melalui HMI Nextion sebagai langkah autentikasi sebelum dapat mengakses menu utama. Setelah PIN administrator dinyatakan benar, sistem menampilkan menu yang terdiri atas dua pilihan, yaitu mode PUT untuk penyimpanan koper dan mode TAKE untuk pengambilan koper.

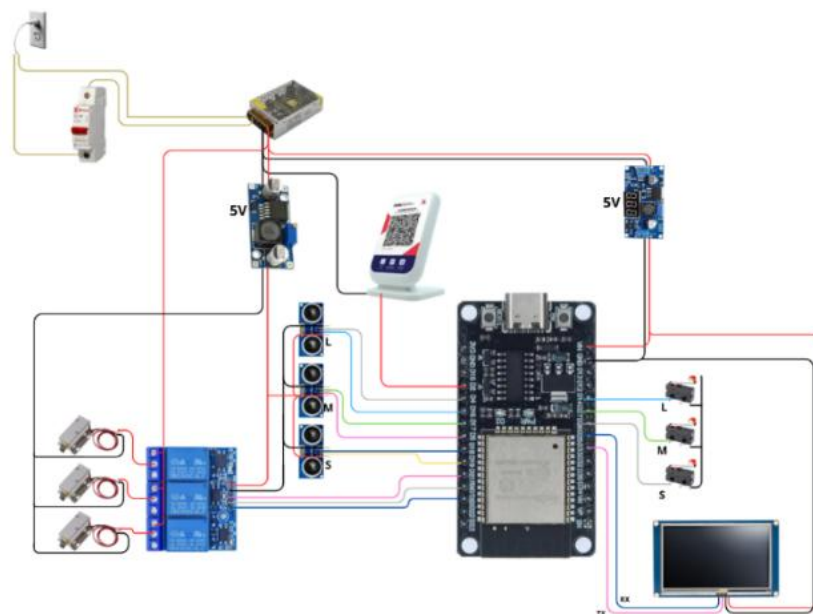
Pada mode PUT, sistem akan memeriksa kondisi setiap loker menggunakan sensor ultrasonik untuk mengetahui apakah loker masih kosong atau sudah terisi. Apabila loker masih kosong, tombol loker akan aktif sehingga pengguna dapat memilih loker yang akan digunakan. Selanjutnya ESP32 mengaktifkan relay dengan memberikan logika HIGH sehingga solenoid door lock terbuka dan pintu loker dapat digunakan untuk menyimpan koper. Setelah koper dimasukkan, pengguna menutup kembali pintu loker. Kondisi pintu kemudian diperiksa menggunakan limit switch. Jika limit switch mendeteksi bahwa pintu telah tertutup dengan baik, ESP32 memberikan logika LOW pada relay sehingga solenoid kembali mengunci pintu loker. Setelah proses penguncian selesai, sensor ultrasonik kembali melakukan pembacaan untuk memastikan bahwa koper telah berada di dalam loker. Khusus pada loker L, sistem tidak hanya mendeteksi keberadaan koper, tetapi juga mengidentifikasi ukuran koper berdasarkan jarak hasil pembacaan sensor ultrasonik sehingga dapat membedakan koper berukuran S, M, dan L. Selanjutnya data transaksi berupa mode, nomor loker, ukuran koper, dan status penyimpanan dikirim ke Google Spreadsheet sebagai media pencatatan data.

Pada mode TAKE, sistem terlebih dahulu memeriksa apakah terdapat koper di dalam loker yang dipilih. Jika masih terdapat koper, sistem akan mengidentifikasi ukuran koper, khususnya pada loker L, kemudian menghitung biaya penyimpanan berdasarkan ukuran koper dan lama waktu penyimpanan. Informasi biaya tersebut ditampilkan pada HMI sebelum pengguna memasukkan PIN loker. Setelah PIN dinyatakan benar, sistem menampilkan halaman pembayaran QRIS dan menunggu konfirmasi pembayaran dari QRIS SoundBox. Ketika pembayaran berhasil diterima, ESP32 memberikan logika HIGH pada relay sehingga solenoid membuka pintu loker dan pengguna dapat mengambil koper. Setelah pintu terbuka selama beberapa detik, relay kembali diberikan logika LOW sehingga pintu loker terkunci kembali. Pada tahap akhir, data transaksi yang meliputi mode, nomor loker, ukuran

koper, dan status pembayaran dikirim ke Google Spreadsheet sebelum sistem kembali ke menu utama untuk menunggu proses berikutnya.

Seluruh proses tersebut berlangsung secara terus-menerus selama sistem aktif. Sensor ultrasonik berfungsi untuk memantau kondisi loker sekaligus mengidentifikasi ukuran koper pada loker L, sedangkan limit switch digunakan untuk memastikan pintu benar-benar tertutup sebelum solenoid kembali mengunci loker. Apabila pintu belum tertutup dalam batas waktu yang telah ditentukan, sistem akan menampilkan informasi kesalahan sehingga pengguna dapat segera menutup kembali pintu loker. Dengan mekanisme tersebut, sistem mampu bekerja secara otomatis, aman, dan responsif terhadap setiap perubahan kondisi loker. Selain itu, seluruh aktivitas penyimpanan dan pengambilan koper dapat terdokumentasi secara otomatis melalui Google Spreadsheet sehingga memudahkan proses monitoring transaksi.

3.5.2 Rancangan Sistem Elektrik



Gambar 3. 5 Rancangan Sistem Elektrikal Smart Locker

Gambar 3.5 menunjukkan rancangan sistem elektrik *smart locker* yang terdiri dari ESP32 sebagai pengendali utama, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi keberadaan koper, limit switch sebagai pendeteksi kondisi pintu loker, relay sebagai pengendali Solenoid Door Lock, QRIS Soundbox sebagai pendeteksi pembayaran, HMI Nextion sebagai antarmuka pengguna, serta pilot lamp sebagai indikator status loker. Seluruh komponen terhubung dan bekerja secara terintegrasi untuk

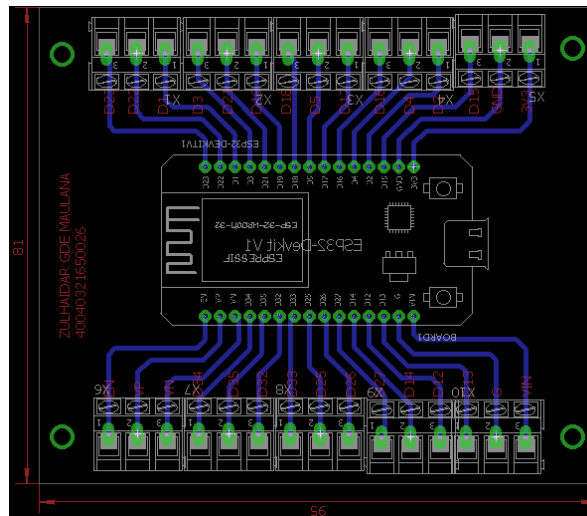
mendukung proses penyimpanan dan pengambilan koper secara otomatis. Tabel 3.3 menunjukkan konfigurasi pin input dan output yang digunakan pada ESP32 untuk menghubungkan seluruh perangkat pada sistem *smart locker*. Pemilihan pin dilakukan berdasarkan fungsi masing-masing komponen sehingga komunikasi dan proses kendali dapat berjalan dengan baik.

Tabel 3. 3 Penggunaan pin I/O ESP32

Komponen Elektronika	PIN I/O ESP32
Limit Switch (S)	Pin 22 (NO), GND
Limit Switch (M)	Pin 21 (NO), GND
Limit Switch (L)	Pin 23 (NO), GND
Sensor ultrasonik (S)	Vin 5 V, GND, Pin 25 (Trig). Pin 35(Echo)
Sensor ultrasonik (M)	Vin 5 V, GND, Pin 26 (Trig). Pin 32 (Echo)
Sensor ultrasonik (L)	Vin 5 V, GND, Pin 33 (Trig). Pin 34 (Echo)
Relay 3 Channel (Solenoid Door Lock)	Vin 5 V, GND, Pin 14 (IN1/S), Pin 12 (IN2/M), Pin 27 (IN3/L)
Relay 3 Channel (Pilot Lamp)	Vin 5 V, GND, Pin 18 (IN1/S), Pin 5 (IN2/M), Pin 19 (IN3/L)
HMI Nextion 5 Inch NX4827T043	Vin 5 V, GND, Pin 16 (RX), Pin 17 (TX)
QRIS Soundbox	Pin 2, GND

Berdasarkan Tabel 3.3, setiap pin ESP32 memiliki fungsi yang berbeda sesuai kebutuhan sistem. Pengalokasian pin yang tepat bertujuan untuk menghindari konflik penggunaan pin serta memastikan seluruh sensor, aktuator, dan perangkat komunikasi dapat beroperasi secara optimal.

3.5.3 Desain PCB



Gambar 3. 6 Desain PCB

Skematik PCB dirancang untuk modul ESP32-Devkit V1 dengan dimensi 81mm x 95mm guna meningkatkan kestabilan dan kerapian sistem dibandingkan rangkaian kabel konvensional. Penggunaan PCB memungkinkan koneksi yang lebih stabil, meminimalkan kesalahan wiring, serta mempercepat proses perakitan. Tata letak komponen disusun secara sistematis dengan menempatkan modul ESP32 di bagian tengah papan sebagai pusat kendali untuk mempersingkat jalur input dan output, sehingga dapat mengurangi rugi tegangan dan potensi gangguan sinyal.

Lubang mounting disediakan pada keempat sudut PCB untuk memudahkan pemasangan ke dalam box panel loker otomatis. Desain ini mendukung sistem yang lebih modular, mempermudah proses troubleshooting dan memberikan fleksibilitas dalam pengembangan atau penambahan fitur pada tahap selanjutnya.

3.6 Perancangan Human Machine Interface (HMI)

Perancangan Human Machine Interface (HMI) menggunakan perangkat lunak Nextion Editor sebagai media interaksi antara pengguna dengan sistem Smart Locker. HMI dirancang agar seluruh proses penyimpanan maupun pengambilan koper dapat dilakukan melalui tampilan yang sederhana dan mudah dipahami. Setiap halaman pada HMI saling terhubung sesuai dengan alur kerja sistem, sedangkan komunikasi antara HMI dan ESP32 dilakukan melalui komunikasi serial UART menggunakan data keluaran dalam format heksadesimal.

Sebelum pengguna dapat mengakses sistem, HMI terlebih dahulu menampilkan halaman Input PIN Admin sebagai proses autentikasi awal. Halaman ini berfungsi untuk membatasi akses sehingga hanya administrator yang mengetahui PIN yang dapat mengoperasikan sistem. Pada penelitian ini digunakan PIN administrator 1705. Apabila PIN yang dimasukkan sesuai, HMI akan menampilkan halaman MENU. Sebaliknya, apabila PIN yang dimasukkan tidak sesuai, sistem akan menampilkan informasi "PIN SALAH", kemudian pengguna diminta untuk memasukkan PIN kembali hingga proses autentikasi berhasil dilakukan.

Setelah proses autentikasi berhasil, pengguna akan masuk ke halaman MENU yang menyediakan dua pilihan mode operasi, yaitu PUT untuk proses penyimpanan koper dan TAKE untuk proses pengambilan koper. Pemilihan menu tersebut akan mengirimkan data heksadesimal ke ESP32 sebagai perintah untuk menjalankan logika sistem sesuai mode yang dipilih.

Pada halaman PUT, HMI menampilkan pilihan tiga loker, yaitu S, M, dan L. Sebelum tombol loker dapat dipilih, ESP32 terlebih dahulu membaca kondisi masing-masing loker menggunakan sensor ultrasonik. Tombol hanya akan diaktifkan apabila loker dalam keadaan kosong, sedangkan loker yang telah terisi akan dinonaktifkan sehingga tidak dapat dipilih oleh pengguna. Setelah pengguna memilih salah satu loker yang tersedia, relay akan mengaktifkan solenoid door lock sehingga pintu loker terbuka dan pengguna dapat menyimpan koper.

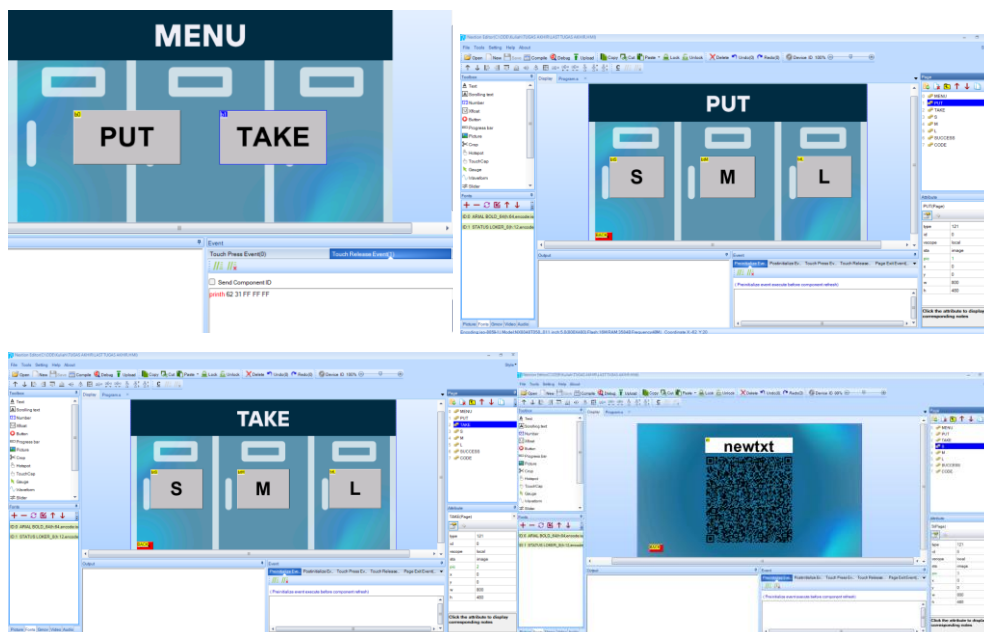
Pada halaman TAKE, HMI menampilkan seluruh loker yang masih berisi koper. Tombol loker yang masih memiliki barang ditampilkan dengan warna merah sebagai indikator bahwa loker dapat dipilih untuk proses pengambilan, sedangkan loker yang kosong ditampilkan dengan warna hijau sebagai indikator bahwa loker tidak dapat digunakan pada mode pengambilan. Pengaturan status tombol tersebut dilakukan secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik pada masing-masing loker.

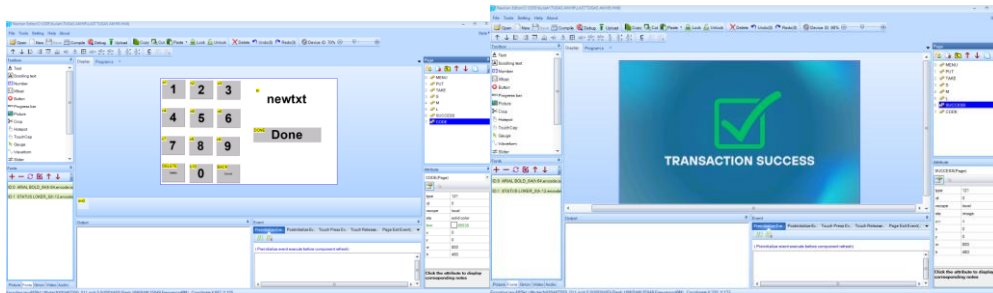
Setelah pengguna memilih loker pada mode TAKE, sistem akan menampilkan halaman Input PIN Locker sebagai proses autentikasi kepemilikan koper. Pengguna harus memasukkan PIN sesuai dengan PIN yang telah tersimpan pada sistem untuk masing-masing loker. Apabila PIN yang dimasukkan sesuai,

ESP32 akan melanjutkan proses dengan menampilkan halaman pembayaran QRIS. Sebaliknya, apabila PIN yang dimasukkan tidak sesuai, sistem akan memberikan informasi bahwa PIN salah sehingga pengguna harus melakukan input ulang.

Khusus pada Loker L, sistem dilengkapi dengan kemampuan mengidentifikasi ukuran koper menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Nilai jarak yang terbaca digunakan untuk mengelompokkan koper menjadi ukuran Small (S), Medium (M), atau Large (L) berdasarkan rentang jarak hasil kalibrasi. Hasil identifikasi tersebut kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan tarif penyimpanan sesuai ukuran koper. Tarif yang telah dihitung akan ditampilkan pada HMI sebelum pengguna melakukan pembayaran menggunakan QRIS. Dengan mekanisme tersebut, satu loker berukuran besar dapat digunakan untuk menyimpan koper dengan ukuran yang berbeda tanpa memerlukan perubahan pada rancangan fisik loker.

Setelah pembayaran QRIS berhasil diverifikasi melalui QRIS SoundBox, ESP32 akan mengaktifkan relay sehingga solenoid door lock membuka pintu loker secara otomatis. Setelah proses pengambilan selesai, sistem akan menampilkan halaman Transaction Success sebagai informasi bahwa transaksi telah berhasil dilakukan, kemudian HMI kembali ke halaman MENU sehingga sistem siap digunakan kembali untuk transaksi berikutnya.





Gambar 3. 7 Skema Perancangan Human Machine Interface

Gambar 3.4 menunjukkan rancangan antarmuka HMI beserta halaman-halaman yang digunakan pada sistem Smart Locker, yaitu halaman MENU, PUT, TAKE, QRIS, Input PIN, dan Transaction Success. Setiap tombol pada halaman tersebut menghasilkan data keluaran dalam format heksadesimal yang dikirimkan menuju ESP32 melalui komunikasi serial UART. Data tersebut digunakan sebagai identitas setiap tombol dan halaman sehingga ESP32 dapat mengenali perintah yang diberikan, seperti pemilihan mode operasi, pemilihan loker, autentikasi PIN administrator, autentikasi PIN loker, serta proses pembayaran QRIS. Selain itu, data keluaran dari HMI juga digunakan untuk memperbarui status tombol secara dinamis berdasarkan kondisi sensor ultrasonik dan limit switch, sehingga informasi yang ditampilkan pada layar selalu sesuai dengan kondisi aktual masing-masing loker.

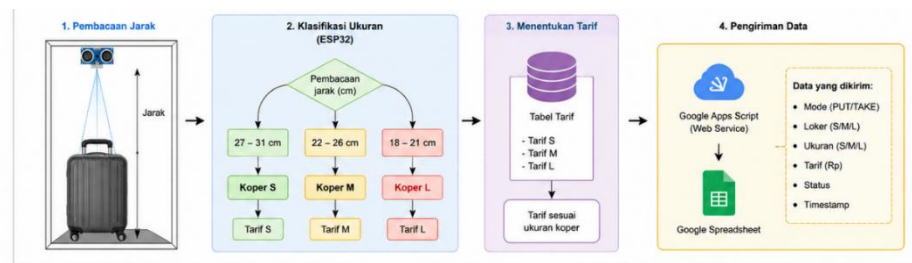
3.7 Perancangan Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan pada Loker L sehingga tidak hanya dapat digunakan untuk menyimpan koper berukuran besar, tetapi juga mampu digunakan untuk koper berukuran sedang dan kecil. Pengembangan tersebut dilakukan dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi jarak antara sensor dan permukaan koper yang diletakkan di dalam loker. Nilai jarak hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan ukuran koper berdasarkan rentang jarak yang telah ditentukan.

Proses identifikasi dilakukan menggunakan algoritma klasifikasi sederhana yang membandingkan nilai jarak hasil pembacaan sensor dengan batas rentang yang telah ditetapkan melalui proses kalibrasi. Berdasarkan hasil kalibrasi, koper berukuran S dikenali ketika sensor membaca jarak sekitar 29 cm, koper berukuran M dikenali pada jarak sekitar 24 cm, sedangkan koper berukuran L dikenali pada

jarak sekitar 20 cm. Apabila nilai pembacaan berada di luar rentang tersebut, sistem menganggap bahwa loker dalam keadaan kosong atau pembacaan belum valid.

Hasil identifikasi ukuran koper selanjutnya digunakan oleh ESP32 sebagai dasar dalam menentukan tarif penyimpanan yang akan ditampilkan pada Human Machine Interface (HMI). Meskipun koper berukuran S dan M ditempatkan pada Loker L, sistem tetap menerapkan tarif sesuai ukuran koper sebenarnya sehingga mekanisme perhitungan biaya tetap konsisten dengan tarif yang berlaku pada Loker S dan Loker M. Dengan demikian, penambahan fungsi identifikasi ukuran koper pada Loker L tidak mengubah logika perhitungan tarif yang telah diterapkan pada kedua loker tersebut.



Gambar 3. 8 Skema Perancangan Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L

Selain digunakan untuk menentukan tarif, informasi ukuran koper juga dikirimkan menuju Google Spreadsheet bersamaan dengan data transaksi lainnya. Data tersebut disimpan sebagai informasi tambahan sehingga setiap aktivitas penyimpanan maupun pengambilan barang dapat diketahui tidak hanya berdasarkan nomor loker, tetapi juga berdasarkan ukuran koper yang digunakan. Perancangan ini diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas penggunaan Loker L tanpa mengubah prinsip kerja sistem secara keseluruhan.

3.8 Perancangan Sistem Monitoring Berbasis Google Spreadsheet

Pada penelitian ini, Google Spreadsheet digunakan sebagai media penyimpanan data berbasis cloud untuk mencatat seluruh aktivitas yang terjadi pada sistem smart locker secara otomatis. Data yang diterima disusun dalam bentuk tabel yang terdiri atas kolom Timestamp, Mode, Loker, Ukuran, dan Status. Kolom *Timestamp* berfungsi mencatat waktu terjadinya setiap transaksi, kolom *Mode* menunjukkan jenis layanan yang dipilih pengguna, yaitu PUT (penyimpanan) atau TAKE (pengambilan), sedangkan kolom *Loker* menunjukkan loker yang digunakan. Penambahan kolom *Ukuran* digunakan untuk menyimpan hasil

identifikasi ukuran koper, khususnya pada Loker L yang mampu mendeteksi koper berukuran S, M, maupun L berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik. Adapun kolom *Status* digunakan untuk memberikan informasi mengenai kondisi atau proses yang sedang berlangsung pada sistem, seperti loker dibuka, barang terdeteksi, pembayaran QRIS berhasil, pintu tidak tertutup, maupun kondisi lainnya.

Proses penyimpanan data dilakukan melalui layanan Google Apps Script yang berfungsi sebagai penghubung antara ESP32 dan Google Spreadsheet. Setiap kali terjadi perubahan kondisi pada sistem, ESP32 akan mengirimkan data menggunakan metode HTTP POST ke Google Apps Script. Selanjutnya, Google Apps Script memproses data yang diterima dan secara otomatis menyimpannya ke dalam Google Spreadsheet sesuai dengan struktur tabel yang telah dirancang.

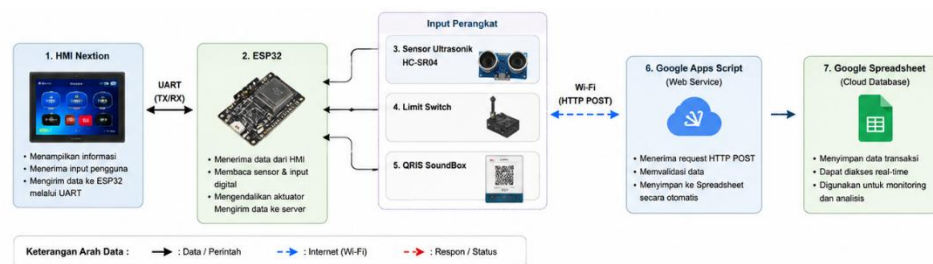
Data yang tersimpan pada Google Spreadsheet dimanfaatkan sebagai media monitoring sekaligus dokumentasi aktivitas sistem selama proses pengujian berlangsung. Informasi tersebut digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan setiap transaksi penyimpanan dan pengambilan koper, ketepatan identifikasi ukuran koper, konsistensi pencatatan data, serta keandalan komunikasi antara ESP32, Google Apps Script, dan Google Spreadsheet. Hasil pencatatan tersebut kemudian dijadikan dasar dalam pembahasan dan analisis kinerja sistem pada Bab IV.

	A	B	C	D	E
	Timestamp	Mode	Loker	Koper	Status
172	25/06/2026 13:29:26	PUT	L	L	Loker Dibuka
173	25/06/2026 13:30:40	PUT	L	L	Loker Dibuka
174	25/06/2026 13:34:14	TAKE	S	S	Pembayaran QRIS Berhasil
175	25/06/2026 14:46:15	PUT	S	S	Loker Dibuka
176	25/06/2026 14:46:19	PUT	L	L	Loker Dibuka
177	25/06/2026 14:46:29	PUT	S	S	Pintu Tidak Tertutup!
178	26/06/2026 16:15:05	TAKE	S	S	Pembayaran QRIS Berhasil
179	26/06/2026 16:49:12	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil
180	26/06/2026 16:50:31	TAKE	S	S	Pembayaran QRIS Berhasil
181	26/06/2026 16:52:15	TAKE	M	M	Pembayaran QRIS Berhasil
182	27/06/2026 11:13:32	TAKE	L	M	Pembayaran QRIS Berhasil
183	27/06/2026 11:14:40	TAKE	S	S	Pembayaran QRIS Berhasil
184	27/06/2026 11:15:28	TAKE	L	S	Pembayaran QRIS Berhasil
185	27/06/2026 11:16:04	TAKE	M	M	Pembayaran QRIS Berhasil
186	27/06/2026 11:56:20	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil
187	27/06/2026 11:58:28	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil
188	27/06/2026 11:59:34	TAKE	L	M	Pembayaran QRIS Berhasil
189	27/06/2026 12:00:30	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil
190	27/06/2026 12:03:33	TAKE	L	S	Pembayaran QRIS Berhasil

Gambar 3. 9 Sitem Monitoring Berbasis Google Spreadsheet

3.9 Perancangan Komunikasi Data Sistem

Perancangan komunikasi data dilakukan untuk mengintegrasikan seluruh perangkat yang digunakan pada sistem Smart Locker sehingga setiap komponen dapat saling bertukar informasi sesuai dengan fungsinya. ESP32 berperan sebagai pusat pengendali yang menerima data dari Human Machine Interface (HMI), sensor ultrasonik, limit switch, serta QRIS SoundBox, kemudian memproses seluruh informasi tersebut untuk menghasilkan keputusan sesuai logika sistem yang telah dirancang.



Gambar 3. 10 Skema Perancangan Komunikasi Data Sistem

Komunikasi antara HMI Nextion dan ESP32 menggunakan antarmuka UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). Setiap tombol yang ditekan pada HMI akan mengirimkan data dalam bentuk kode heksadesimal menuju ESP32. Data tersebut kemudian diterjemahkan oleh program untuk menentukan menu yang dipilih pengguna, proses autentikasi PIN administrator, autentikasi PIN loker, pemilihan mode PUT atau TAKE, serta pemilihan loker yang akan digunakan.

Sensor ultrasonik HC-SR04 berkomunikasi dengan ESP32 melalui pin Trigger dan Echo untuk mengukur jarak objek di dalam loker. Data jarak yang diperoleh digunakan untuk mendeteksi keberadaan koper serta mengidentifikasi ukuran koper pada Loker L. Sementara itu, limit switch memberikan informasi mengenai kondisi pintu loker dalam keadaan terbuka atau tertutup sehingga ESP32 dapat menentukan kapan relay harus mengaktifkan atau menonaktifkan solenoid door lock.

Pada proses pengambilan barang, QRIS SoundBox mengirimkan sinyal digital menuju ESP32 setelah pembayaran berhasil dilakukan. Sinyal tersebut digunakan sebagai indikator bahwa transaksi telah berhasil diverifikasi sehingga

ESP32 dapat mengaktifkan relay untuk membuka solenoid door lock dan memberikan akses kepada pengguna untuk mengambil koper.

Selain komunikasi antarperangkat, ESP32 juga melakukan komunikasi dengan Google Apps Script melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol HTTP dengan metode POST. Data yang dikirim meliputi Mode, Loker, Ukuran, dan Status. Google Apps Script selanjutnya memproses data yang diterima dan menyimpannya secara otomatis ke dalam Google Spreadsheet sehingga seluruh aktivitas sistem dapat dipantau secara real-time. Mekanisme komunikasi data tersebut menjadikan seluruh komponen pada Smart Locker saling terintegrasi dan mampu bekerja secara otomatis sesuai dengan kondisi yang terjadi pada sistem.

BAB IV

PENGUJIAN DAN HASIL ANALISA

4.1 Peralatan Pengujian

Untuk pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini, penulis menggunakan peralatan dengan alat ukur sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Tabel Peralatan Pengujian Yang Digunakan

Alat Ukur	Jumlah	Keterangan
Multimeter Digital	1 Buah	Pengukuran Tegangan Masuk dan Tegangan Komponen
Laptop	1 Buah	Menampilkan Data dari Serial Monitor Arduino IDE, dan Menampilkan Responsi Website.
QRIS	1 Buah	Mengirimkan Data Pembayaran
Handphone	1 Buah	Alat Pembayaran untuk QRIS

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ESP32 sebagai pengendali utama, HMI Nextion NX8048T050 sebagai antarmuka pengguna, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi keberadaan koper, limit switch sebagai pendeteksi kondisi pintu, modul relay sebagai aktuator, solenoid door lock sebagai pengunci loker, serta sistem pencatatan data berbasis Google Spreadsheet. Pengujian difokuskan pada integrasi seluruh komponen tersebut untuk memastikan sistem dapat bekerja sesuai dengan perancangan.

Laptop digunakan sebagai perangkat bantu untuk pemrograman melalui Arduino IDE, pemantauan komunikasi serial, serta monitoring pengiriman data melalui jaringan internet. Selain itu, pengujian juga mencakup akurasi sensor ultrasonik, respons limit switch, serta sinyal dari QRIS SoundBox sebagai indikator keberhasilan transaksi. Secara keseluruhan, pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja secara *real-time*, stabil, dan terintegrasi dengan baik.

4.2 Prosedur pengujian

Dalam pelaksanaan pengambilan data dan pengujian alat, akan ditetapkan prosedur yang terstruktur. Prosedur ini bertujuan untuk memastikan skema pengambilan data dapat dilaksanakan secara sistematis dan sesuai dengan kebutuhan analisis data dari ketiga perangkat yang digunakan. Berikut adalah

prosedur dan langkah-langkah yang akan ditempuh untuk melaksanakan pengambilan data dan pengujian alat:

Tabel 4. 2 Tabel Keseluruhan sistem

No.	Test Scenario	Input / Condition	Expected System Process	Expected Result	Output / Indicator
1	System startup	Power supply ON	ESP32 initializes all peripherals	System enters standby mode	HMI displays Admin PIN page
2	Admin authentication	Correct Admin PIN (1705)	ESP32 verifies administrator PIN	Access granted	HMI displays Main Menu (PUT / TAKE)
3	Invalid Admin PIN	Incorrect Admin PIN	ESP32 rejects authentication	Access denied	HMI displays "PIN SALAH"
4	PUT mode selection	PUT button pressed	ESP32 changes operating mode	PUT mode activated	HMI displays locker selection
5	Empty locker detection	Ultrasonic detects no object	ESP32 enables selected locker	Locker available	Active locker button displayed
6	Occupied locker detection	Ultrasonic detects luggage	ESP32 disables selected locker	Locker unavailable	Locker button cannot be selected
7	Storing luggage	Locker selected	Relay energized, solenoid unlocks	Locker door opens	Door can be opened

8	Door closing verification	Limit switch activated	ESP32 locks solenoid	Locker secured	Locker status updated
9	TAKE mode selection	TAKE button pressed	ESP32 changes operating mode	TAKE mode activated	Available lockers displayed
10	Locker authentication	Correct Locker PIN	ESP32 verifies locker PIN	Authentication successful	QRIS payment page displayed
11	QRIS payment verification	QRIS SoundBox outputs HIGH signal	ESP32 validates payment	Payment accepted	HMI displays Transaction Success
12	Locker opening	Payment completed	Relay energized, solenoid unlocks	Door opens	User retrieves luggage
13	Door locking after retrieval	Limit switch activated	ESP32 locks the locker	Locker secured	Door locked
14	Luggage status verification	Ultrasonic detects locker condition	ESP32 updates locker status	Occupied or empty status determined	Google Spreadsheet updated
15	Luggage size identification (Locker L)	Ultrasonic distance measurement	ESP32 classifies luggage size (S/M/L)	Correct luggage size identified	Corresponding storage fee displayed
16	System reset	Retrieval completed	ESP32 returns to standby mode	Ready for next transaction	HMI returns to Main Menu

4.3 Pengukuran Dan Pengujian Komponen

Pengukuran dan pengujian komponen merupakan tahap penting dalam pengembangan sistem untuk memastikan setiap perangkat berfungsi dengan baik sebelum diintegrasikan. Pengujian dilakukan pada komponen utama seperti QRIS, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi koper, limit switch sebagai pendeteksi pintu, serta catu daya sebagai sumber energi. Melalui tahap ini, potensi permasalahan teknis dapat diidentifikasi sejak awal dan diperoleh data awal sebagai dasar analisis, sehingga mendukung tercapainya sistem yang stabil, andal, dan akurat.

4.3.1 Pengukuran Sensor ultrasonik HC SR-04

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi pembacaan jarak sebagai dasar penentuan kondisi loker kosong atau terisi. Berdasarkan data hasil pengujian, sensor diuji dengan membandingkan jarak aktual menggunakan penggaris terhadap hasil pembacaan yang ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE. Pengambilan data dilakukan secara berulang pada beberapa variasi jarak untuk memperoleh nilai deviasi dan tingkat kesalahan pengukuran.

Tabel 4. 3 Hasil pengukuran Sensor ultrasonik

Pengujian ke	Pengukuran (cm)	Hasil Pengukuran	Selisih	Error (%)
1.	1	119	118	100%
2.	2.00	2.44	0.44	22%
3.	3.00	3.21	0.21	7%
4.	4.00	4.05	0.5	1.25%
5.	5.00	5.13	0.13	2.6%
6.	6.00	6.14	0.14	2.3%
7.	7.00	7.46	0.46	6.57%
8.	8.00	8.20	0.20	2.5%
9.	9.00	9.06	0.6	0.68%
10.	10.00	10.10	0.10	1%
Total Rata - Rata				5.094%

Persentase error dihitung menggunakan persamaan:

$$Error = 5,094\%$$

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, pada pengukuran pertama diperoleh nilai error sebesar 100%. Kondisi tersebut terjadi karena sensor ultrasonik belum menerima pantulan gelombang secara optimal, sehingga jarak objek tidak dapat terbaca dengan benar. Setelah pengukuran diulangi, sensor mampu mendeteksi objek secara normal dan menghasilkan nilai yang sesuai dengan jarak sebenarnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki nilai rata-rata error sebesar 0,65%, dengan nilai error terbesar mencapai 2,5% pada pengukuran jarak 20 cm. Sebagian besar hasil pengukuran memiliki nilai error di bawah 1%, sehingga menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik. Perbedaan hasil pengukuran dipengaruhi oleh karakteristik pantulan gelombang ultrasonik, posisi permukaan objek, sudut pantul, serta kondisi lingkungan pada saat pengujian.

Pada sistem Smart Locker yang dikembangkan, sensor ultrasonik tidak hanya digunakan untuk mendeteksi kondisi loker kosong atau terisi, tetapi juga dimanfaatkan sebagai dasar identifikasi ukuran koper pada Loker L. Berdasarkan hasil kalibrasi, jarak pembacaan sekitar 27–31 cm diidentifikasi sebagai koper ukuran S, jarak 22–26 cm sebagai koper ukuran M, sedangkan jarak 18–21 cm sebagai koper ukuran L. Hasil identifikasi tersebut selanjutnya digunakan oleh ESP32 untuk menentukan tarif penyimpanan yang ditampilkan pada HMI sebelum proses pembayaran QRIS dilakukan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang memadai untuk mendukung fungsi sistem, baik dalam mendeteksi keberadaan koper maupun mengidentifikasi ukuran koper pada Loker L. Dengan demikian, sensor mampu memberikan data yang konsisten sehingga proses pengambilan keputusan oleh mikrokontroler dapat berlangsung dengan baik selama sistem beroperasi.

4.3.2 Pengujian Identifikasi Ukuran Koper Menggunakan Sensor Ultrasonik pada Loker L

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.4, sensor ultrasonik mampu mengidentifikasi ukuran koper yang ditempatkan pada Loker L sesuai dengan rentang jarak hasil kalibrasi. Koper ukuran S terdeteksi pada rentang 27–31 cm, koper ukuran M pada rentang 22–26 cm, sedangkan koper ukuran L pada rentang 18–21 cm. Seluruh pengujian menunjukkan bahwa hasil identifikasi sistem sesuai dengan ukuran koper sebenarnya, sehingga tingkat keberhasilan identifikasi mencapai 100%.

Tabel 4. 4 Rentang Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L

Ukuran Koper	Rentang Jarak (cm)	Tarif Awal
S	27–31	Rp1.000
M	22–26	Rp2.000
L	18–21	Rp3.000



Gambar 4. 1 Pengujian Ukuran Koper pada Loker L

Berdasarkan Tabel 4.4, sistem menggunakan tiga rentang pembacaan jarak sebagai dasar identifikasi ukuran koper pada Loker L. Apabila sensor membaca jarak antara 27–31 cm, sistem mengidentifikasi koper berukuran S dengan tarif awal Rp1.000. Rentang 22–26 cm diidentifikasi sebagai koper ukuran M dengan tarif awal Rp2.000, sedangkan rentang 18–21 cm diidentifikasi sebagai koper ukuran L dengan tarif awal Rp3.000. Rentang tersebut diterapkan pada program

ESP32 sehingga proses identifikasi ukuran koper dan penentuan tarif dapat dilakukan secara otomatis tanpa memerlukan input tambahan dari pengguna.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L

Timestamp	Mode	Loker	Koper	Status
27/06/2026 11:13:32	TAKE	L	M	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 11:14:40	TAKE	S	S	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 11:15:28	TAKE	L	S	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 11:16:04	TAKE	M	M	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 11:56:20	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 11:58:28	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 11:59:34	TAKE	L	M	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 12:00:30	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil
27/06/2026 12:03:33	TAKE	L	S	Pembayaran QRIS Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.5, sensor ultrasonik mampu mengidentifikasi ukuran koper yang ditempatkan pada Loker L sesuai dengan rentang jarak yang telah ditentukan. Koper ukuran S teridentifikasi pada rentang pembacaan 27–31 cm, koper ukuran M pada rentang 22–26 cm, sedangkan koper ukuran L pada rentang 18–21 cm. Seluruh pengujian menunjukkan bahwa hasil identifikasi sistem sesuai dengan ukuran koper yang sebenarnya sehingga tingkat keberhasilan identifikasi mencapai 100%.

Hasil identifikasi tersebut selanjutnya digunakan oleh ESP32 sebagai dasar dalam menentukan tarif penyimpanan yang ditampilkan pada Human Machine Interface (HMI) sebelum pengguna melakukan pembayaran menggunakan QRIS. Dengan mekanisme ini, satu Loker L dapat dimanfaatkan untuk menyimpan koper ukuran S, M, maupun L tanpa memerlukan perubahan pada konstruksi fisik loker. Selain meningkatkan fleksibilitas penggunaan loker, metode ini juga memungkinkan sistem menerapkan tarif yang berbeda secara otomatis sesuai ukuran koper yang terdeteksi

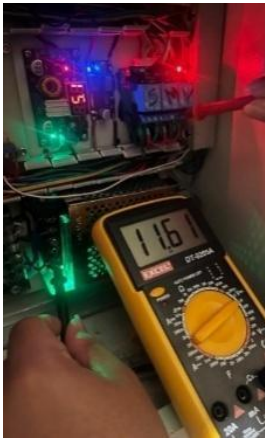
4.3.3 Pengujian Solenoid Door Lock

Pengujian tegangan solenoid door lock dilakukan untuk memastikan bahwa sistem aktuator pada Smart Locker Suitcase bekerja sesuai dengan spesifikasi perancangan. Solenoid door lock yang digunakan memiliki tegangan kerja nominal sebesar 12 VDC, sehingga diperlukan pengujian untuk mengetahui kesesuaian antara tegangan teoritis dan tegangan aktual yang diterima oleh masing-masing loker.

Tabel 4. 6 Tabel Hasil Pengukuran Tegangan Solenoid Door Lock

Status	Loker	Hasil Pengukuran	Hasil yang di harapkan	Presentasi Keberhasilan
Mati	S		0 V	100%

Hidup		12 V	98.08%
Mati		0 V	100%
M			
Hidup		12 V	97.67%

Mati		0 V	100%
L			
Hidup		12 V	96.75%

Persentase keberhasilan yang belum mencapai 100% disebabkan oleh toleransi mekanik pada mekanisme pintu loker, variasi posisi penutupan pintu, serta respon limit switch yang terkadang mengalami keterlambatan pembacaan. Meskipun demikian, tingkat keberhasilan di atas 97% menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan tingkat keandalan yang tinggi.

Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital pada terminal output relay saat kondisi aktif dan tidak aktif untuk mengetahui stabilitas distribusi daya dari power supply ke beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan saat relay aktif sebesar 11,77 V pada loker S, 11,72 V pada loker M, dan 11,61 V pada loker L dari tegangan ideal 12 V, dengan error masing-masing 1,92%, 2,33%, dan 3,25%.

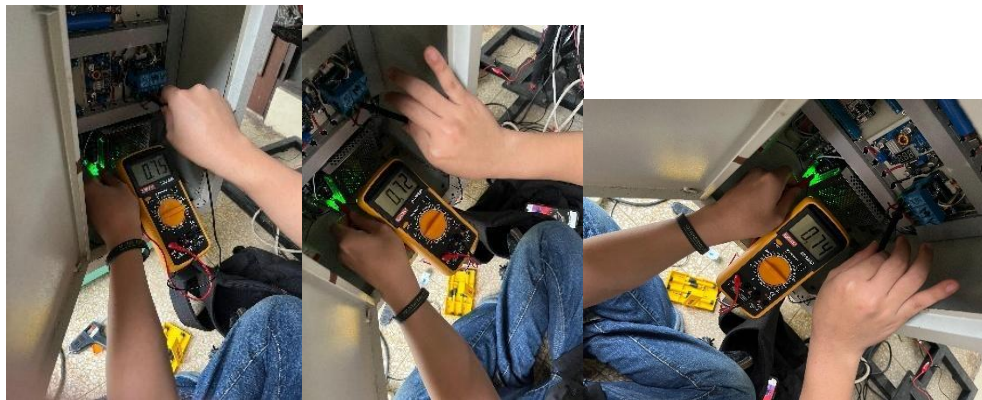
Persentase keberhasilan sistem berturut-turut sebesar 98,08% (S), 97,67% (M), dan 96,75% (L), dengan rata-rata 97,50%. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi daya dan kendali relay bekerja dengan baik serta masih dalam batas

toleransi solenoid door lock, meskipun terjadi sedikit penurunan tegangan akibat resistansi kabel, hambatan relay, dan karakteristik beban induktif.

Hasil pengukuran menunjukkan tegangan kerja solenoid berada pada kisaran 11,6–11,8 Volt sehingga masih mendekati tegangan nominal 12 Volt. Seluruh solenoid mampu membuka dan mengunci pintu secara normal tanpa terjadi kegagalan mekanis.

Tabel 4. 7 Tabel Hasil Pengukuran Daya Solenoid Door Lock

Perangkat	Tegangan	Arus	Daya
S	11,77 V	0.75 A	8.83 W
M	11,72 V	0.72 A	8.43 W
L	11,61 V	0.74 A	8.59 W

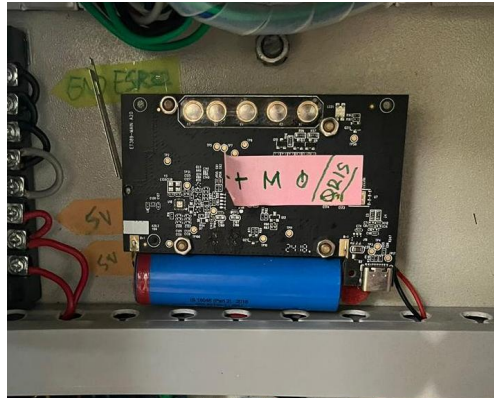


Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Daya Solenoid Door Lock

Selanjutnya, berdasarkan hasil pengukuran arus dan konsumsi daya pada Tabel 4.7, diperoleh bahwa loker S memiliki arus sebesar 0,75 A dengan daya 8,83 W, loker M sebesar 0,72 A dengan daya 8,43 W, dan loker L sebesar 0,74 A dengan daya 8,59 W. Perbedaan nilai antar loker relatif kecil dan masih berada dalam karakteristik kerja normal solenoid 12 VDC. Nilai tersebut masih berada dalam kapasitas catu daya yang digunakan, sehingga sistem dapat beroperasi secara stabil tanpa indikasi kelebihan beban.

4.3.4 Pengujian QRIS SoundBox pada Loker Koper

Pengujian QRIS SoundBox dilakukan untuk memastikan sistem pembayaran non-tunai dapat terintegrasi dengan sistem loker otomatis. QRIS SoundBox berfungsi sebagai indikator keberhasilan transaksi yang menghasilkan sinyal digital untuk diproses oleh ESP32.



Gambar 4. 3 QRIS SoundBox yang Digunakan pada Sistem

QRIS SoundBox mengirimkan sinyal logika HIGH saat pembayaran berhasil, yang diterima oleh ESP32 untuk mengaktifkan relay dan membuka solenoid door lock. Selain itu, HMI menampilkan status transaksi sebagai umpan balik kepada pengguna.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu merespon sinyal dengan baik, namun terdapat jeda waktu antara proses pembayaran dan respon sistem. Keterlambatan ini dipengaruhi oleh proses internal perangkat, pengiriman sinyal, dan pembacaan input oleh ESP32, sehingga perlu dilakukan pengujian lanjutan pada subbab berikutnya.

4.3.4.1 Pengujian Kecepatan komunikasi QRIS SoundBox pada Loker Koper

Pengujian kecepatan komunikasi QRIS SoundBox dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem dalam merespon sinyal keberhasilan pembayaran. Parameter yang diukur meliputi waktu deteksi sinyal dari QRIS SoundBox, waktu respon aktuator, serta total waktu yang diperlukan hingga pintu loker terbuka.

Tabel 4. 8 Tabel Hasil komunikasi pembayaran QRIS pada loker koper

No	Kondisi	Waktu deteksi QRIS (s)	Waktu respon Solenoid (s)	Total waktu (s)	Keterangan
1.	Pembayaran berhasil	6	0.5	6.5	Normal
2.	Pembayaran berhasil	4.7	0.5	5.2	Respon cepat

3. Pembayaran berhasil	49	0.5	49.5	Sedikit delay
------------------------	----	-----	------	---------------

Berdasarkan tabel pengujian, sistem menunjukkan variasi waktu respon dalam mendeteksi pembayaran QRIS. Pada kondisi normal, sistem mampu mendeteksi pembayaran dalam waktu sekitar 7 detik dan langsung mengaktifkan solenoid untuk membuka loker. Namun, pada kondisi tertentu terjadi keterlambatan hingga 1 menit, yang disebabkan oleh faktor internal perangkat QRIS SoundBox atau proses komunikasi sinyal.

Perbedaan waktu respon yang diperoleh pada setiap pengujian dipengaruhi oleh kondisi jaringan WiFi, waktu pemrosesan mikrokontroler ESP32, respon Google Apps Script, serta variasi waktu pembacaan sensor dan aktuator.

4.3.4.2 Konsumsi Daya QRIS SoundBox pada Loker Koper

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan arus kerja QRIS SoundBox yang terintegrasi pada sistem loker koper. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital pada kondisi tidak digunakan (standby) dan saat perangkat aktif menerima notifikasi transaksi.

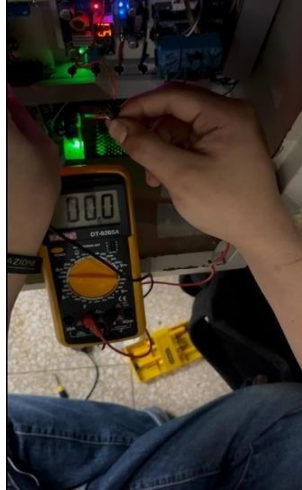
Hasil pengukuran tegangan kerja QRIS SoundBox ditunjukkan pada Gambar 4.4, dengan nilai sebesar 3,84 V. Tegangan tersebut relatif stabil baik pada kondisi standby maupun saat perangkat aktif, yang menunjukkan bahwa catu daya mampu menyuplai kebutuhan tegangan modul secara konstan.



Gambar 4. 4 Pengukuran Tegangan QRIS SoundBox

Pengukuran arus pada kondisi perangkat tidak digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.5. Pada kondisi ini, arus yang terbaca sebesar 0 A pada skala 200 mA.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa arus yang mengalir sangat kecil atau berada di bawah batas sensitivitas alat ukur, sehingga pada kondisi siaga perangkat tidak memberikan beban berarti terhadap sistem.



Gambar 4. 5 Pengukuran Arus QRIS SoundBox Ketika digunakan

Sementara itu, pengukuran arus saat QRIS SoundBox digunakan atau mengeluarkan notifikasi transaksi ditunjukkan pada Gambar 4.6, dengan nilai sebesar 23,2 mA pada skala 200 mA. Terjadi peningkatan arus saat perangkat aktif karena modul audio dan sistem pemrosesan internal mulai bekerja.



Gambar 4. 6 Gambar kondisi Perangkat Sedang Digunakan

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, daya yang dikonsumsi saat perangkat aktif dapat dilihat nilai daya sebesar 0,089 W.

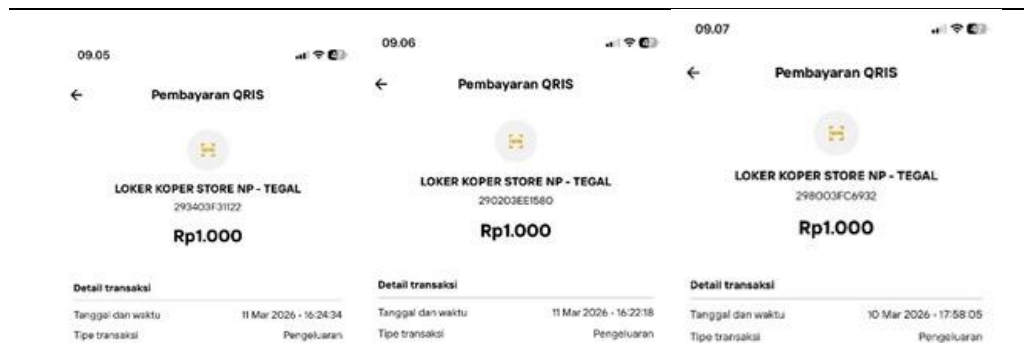
4.3.5 Pengujian Respon Spreadsheet Terhadap Data

Data hasil pengujian sistem loker otomatis dicatat secara *real-time* pada Google Spreadsheet melalui mekanisme HTTP POST yang dikirim oleh ESP32 setiap terjadi perubahan status sistem. Setiap data dilengkapi dengan timestamp, mode operasi, identifikasi loker (S, M, L), serta status sistem, sehingga seluruh aktivitas tercatat secara terstruktur dan kronologis.

Pencatatan ini memungkinkan analisis performa sistem, seperti waktu proses dan konsistensi operasi. Tabel berikut merupakan hasil data transaksi yang terekam selama proses pengujian.

Tabel 4. 9 Tabel Hasil Spreadsheet

Timestamp	Mode	Loker	Koper	Status
11/03/2026 16:20:56	PUT	S	S	Loker Dibuka
11/03/2026 16:21:01	PUT	S	S	Barang Terdeteksi
11/03/2026 16:24:24	TAKE	S	S	Pembayaran QRIS Berhasil
11/03/2026 16:15:36	PUT	M	M	Loker Dibuka
11/03/2026 16:15:38	PUT	M	M	Barang Terdeteksi
11/03/2026 16:22:18	TAKE	M	M	Pembayaran QRIS Berhasil
10/03/2026 17:30:09	PUT	L	L	Loker Dibuka
10/03/2026 17:30:12	PUT	L	L	Barang Terdeteksi
10/03/2026 17:58:05	TAKE	L	L	Pembayaran QRIS Berhasil



Gambar 4. 7 Hasil bukti transaksi QRIS

Data pada tabel di atas menunjukkan tiga siklus lengkap operasi sistem: pertama pada loker ukuran S, kedua pada loker ukuran M, dan ketiga pada loker ukuran L. Setiap siklus dimulai dengan status operasi PUT yang mencerminkan proses penyimpanan barang, diikuti oleh proses TAKE yang mencakup tahap penampilan QRIS dan konfirmasi pembayaran.

4.4 Pengujian Human Machine Interface (HMI)

Dalam implementasinya, HMI terintegrasi dengan beberapa komponen utama, yaitu sensor ultrasonik sebagai pendeteksi keberadaan barang, limit switch sebagai pendeteksi kondisi pintu, relay sebagai aktuator pembuka kunci loker, serta sistem pembayaran QRIS sebagai mekanisme validasi pada proses pengambilan barang. Oleh karena itu, pengujian HMI dilakukan secara menyeluruh dengan memperhatikan keterkaitan antar komponen tersebut.

4.4.1 Tampilan Login PIN Admin

Pengujian tampilan login administrator dilakukan untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang memiliki hak akses yang dapat memasuki menu utama sistem. Ketika Smart Locker Suitcase dinyalakan, HMI Nextion akan langsung menampilkan halaman Input PIN Administrator, sehingga pengguna belum dapat mengakses menu utama sebelum memasukkan PIN yang benar.



Gambar 4. 8 Halaman login administrator saat memasukkan PIN yang benar.

Pengguna memasukkan PIN administrator menggunakan keypad numerik yang tersedia pada layar HMI. Pada penelitian ini PIN administrator yang digunakan adalah 1705. Setelah seluruh digit dimasukkan, pengguna menekan tombol Done untuk melakukan proses verifikasi.

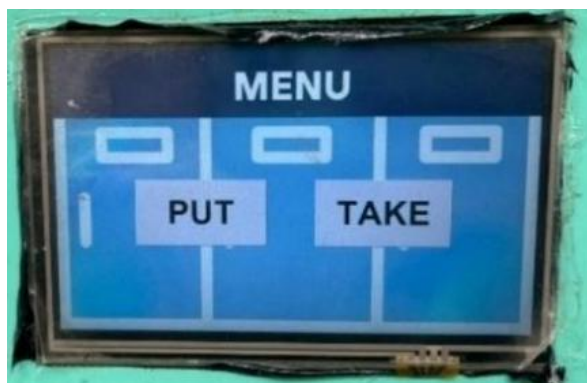


Gambar 4. 9 Halaman login administrator ketika PIN yang dimasukkan salah.

Apabila PIN yang dimasukkan sesuai dengan data yang tersimpan pada ESP32, sistem akan berpindah secara otomatis menuju halaman MENU sebagai tampilan utama sistem. Sebaliknya, apabila PIN yang dimasukkan tidak sesuai, HMI akan menampilkan informasi "PIN SALAH" selama beberapa saat, kemudian sistem menghapus data PIN yang telah dimasukkan dan kembali ke halaman login sehingga pengguna dapat memasukkan PIN kembali.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, proses autentikasi administrator berjalan dengan baik. HMI mampu memverifikasi PIN sesuai program yang dibuat pada ESP32 sehingga hanya administrator yang dapat mengakses menu utama Smart Locker Suitcase.

4.4.2 Tampilan Menu Utama



Gambar 4. 10 Tampilan Menu Utama

Tampilan menu utama merupakan halaman awal yang ditampilkan saat sistem pertama kali diaktifkan. Pada halaman ini terdapat dua pilihan utama, yaitu *Put* yang digunakan untuk menyimpan barang, dan *Take* yang digunakan untuk

mengambil barang. Kedua tombol ini menjadi titik awal dari seluruh alur interaksi pengguna dengan sistem.

4.4.3 Tampilan Mode Penyimpanan (*Put*)



Gambar 4. 11 Tampilan HMI Mode Penyimpanan (*Put*)

Pada mode penyimpanan (*Put*), sistem menampilkan pilihan loker S, M, dan L. Loker yang kosong ditandai dengan warna merah dan dapat dipilih oleh pengguna. Status ketersediaan loker ditentukan berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik, di mana loker dianggap kosong jika tidak terdeteksi objek. Sebaliknya, jika terdapat objek di dalam loker, sistem akan menonaktifkan tombol (*disable*) pada HMI sehingga tidak dapat dipilih, guna mencegah kesalahan penggunaan.

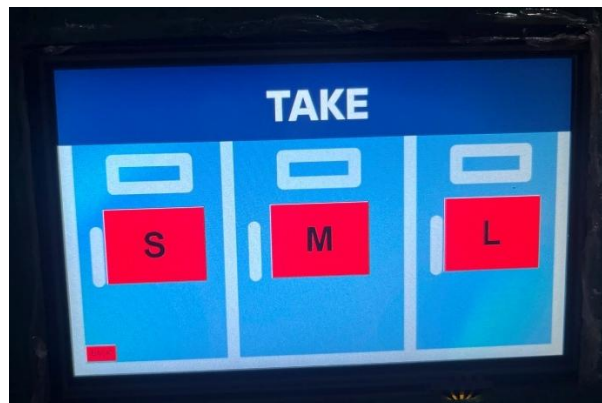
Ketika pengguna memilih loker yang tersedia, sistem akan mengaktifkan relay untuk membuka pintu melalui solenoid door lock. Setelah barang dimasukkan dan pintu ditutup, limit switch akan mendeteksi kondisi pintu dan sistem memperbarui status loker menjadi terisi. Selanjutnya, data status loker akan dikirim dan disimpan ke Google Spreadsheet sebagai bagian dari sistem monitoring.

4.4.4 Tampilan Mode Pengambilan (*Take*)



Gambar 4. 12 Tampilan mode TAKE ketika seluruh loker dalam kondisi kosong (tombol berwarna hijau dan tidak dapat dipilih).

Pengujian tampilan mode TAKE dilakukan untuk mengetahui apakah HMI mampu menampilkan kondisi setiap loker berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik. Informasi tersebut digunakan sebagai indikator bagi pengguna untuk mengetahui loker mana yang dapat digunakan dalam proses pengambilan koper.



Gambar 4. 13 Tampilan mode TAKE ketika seluruh loker masih berisi koper (tombol berwarna merah dan dapat dipilih)

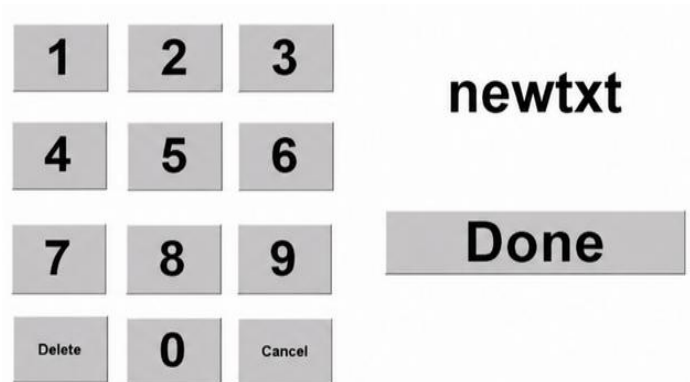
Pada mode TAKE, sistem menggunakan dua warna indikator pada tombol loker, yaitu merah dan hijau. Tombol berwarna merah menunjukkan bahwa di dalam loker masih terdapat koper sehingga loker dapat dipilih untuk proses pengambilan. Sebaliknya, tombol berwarna hijau menunjukkan bahwa loker dalam kondisi kosong sehingga tidak dapat dipilih oleh pengguna.

Apabila tombol loker berwarna merah dipilih, sistem akan melanjutkan ke halaman Input PIN Loker untuk proses verifikasi identitas pengguna. Setelah PIN

dinyatakan benar, sistem akan menampilkan halaman pembayaran QRIS sebelum pintu loker dibuka secara otomatis.

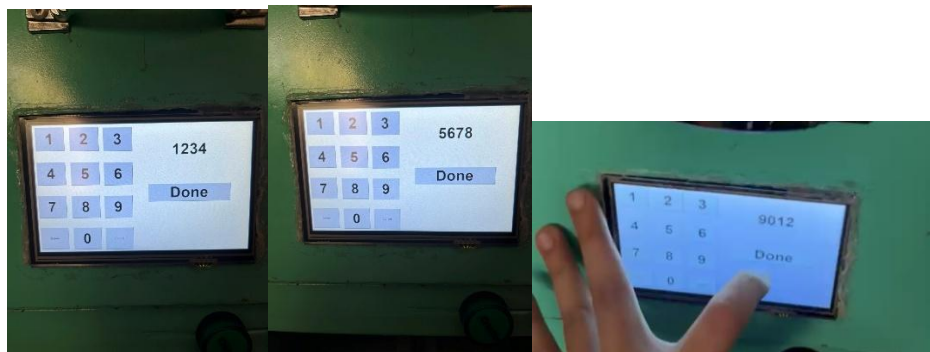
Berdasarkan hasil pengujian, perubahan warna indikator pada HMI telah bekerja sesuai dengan kondisi sebenarnya. Saat loker masih berisi koper, tombol ditampilkan berwarna merah dan dapat dipilih. Sebaliknya, ketika loker kosong, tombol berubah menjadi hijau dan tidak dapat dipilih sehingga pengguna tidak dapat melakukan proses pengambilan pada loker yang kosong.

4.4.5 Pengujian Tampilan Input PIN Loker



Gambar 4. 14 Tampilan Input PIN Loker

Pengujian tampilan Input PIN Loker dilakukan untuk memastikan bahwa proses verifikasi identitas pengguna sebelum pengambilan koper dapat berjalan dengan baik. Halaman ini akan muncul setelah pengguna memilih salah satu loker pada mode TAKE yang masih berisi koper. Pada halaman tersebut disediakan keypad numerik yang terdiri atas tombol angka 0–9, tombol Delete untuk menghapus digit terakhir, tombol Cancel untuk membatalkan proses dan kembali ke halaman sebelumnya, serta tombol Done untuk melakukan proses verifikasi PIN.



Gambar 4. 15 Input Pin Loker S, M dan L

Setiap loker memiliki PIN yang berbeda sebagai bentuk pengamanan agar hanya pengguna yang mengetahui PIN loker yang dapat mengambil koper. Pada penelitian ini digunakan PIN 1234 untuk loker S, 5678 untuk loker M, dan 9012 untuk loker L. Setelah seluruh digit PIN dimasukkan, pengguna menekan tombol Done untuk mengirimkan data ke ESP32.

Apabila PIN yang dimasukkan sesuai dengan data yang tersimpan pada sistem, HMI secara otomatis menampilkan halaman pembayaran QRIS. Selanjutnya sistem menunggu konfirmasi pembayaran dari QRIS SoundBox sebelum pintu loker dibuka menggunakan solenoid door lock. Sebaliknya, apabila PIN yang dimasukkan tidak sesuai, HMI akan menampilkan informasi "SALAH", kemudian menghapus data PIN yang telah dimasukkan sehingga pengguna dapat melakukan input PIN kembali.

Berdasarkan hasil pengujian, proses verifikasi PIN loker berjalan sesuai dengan yang diharapkan. HMI mampu menerima masukan dari keypad numerik, melakukan verifikasi PIN melalui ESP32, serta mengarahkan pengguna ke halaman pembayaran QRIS apabila PIN yang dimasukkan benar. Selain itu, fitur Delete dan Cancel juga berfungsi dengan baik sehingga memudahkan pengguna apabila terjadi kesalahan saat memasukkan PIN.

4.4.6 Tampilan Proses Pembayaran



Gambar 4. 16 Proses Pembayaran QRIS

Pada tahap ini, sistem menampilkan QR Code sebagai media pembayaran yang dapat dipindai oleh pengguna menggunakan aplikasi perbankan atau dompet digital yang mendukung QRIS. Nominal pembayaran ditentukan berdasarkan jenis loker atau durasi penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pembayaran dapat dilakukan dengan lancar dan dalam waktu relatif singkat.

Setelah transaksi berhasil, QRIS SoundBox mengirimkan sinyal digital berupa logika HIGH ke ESP32 sebagai indikator keberhasilan pembayaran. Sinyal ini memungkinkan sistem membuka loker secara otomatis tanpa memerlukan verifikasi manual atau integrasi langsung dengan API pembayaran.

4.4.7 Tampilan Status Pembayaran



Gambar 4. 17 Tampilan HMI Transaction Success

Setelah sistem menerima sinyal keberhasilan pembayaran dari QRIS, HMI akan menampilkan halaman konfirmasi “Transaction Success” sebagai indikator bahwa proses telah selesai. Berdasarkan hasil pengujian, tampilan ini muncul secara otomatis setelah sinyal diterima oleh ESP32, yang menunjukkan bahwa komunikasi antara QRIS SoundBox, mikrokontroler, dan HMI berjalan dengan baik.

Selanjutnya, sistem mengaktifkan relay untuk membuka solenoid door lock sehingga pintu loker terbuka. Pengguna kemudian dapat mengambil barang yang tersimpan di dalam loker secara langsung.

4.5 Pengujian Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa Smart Locker Suitcase berbasis Internet of Things (IoT) dengan pembayaran QRIS dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pengujian ini mencakup seluruh alur sistem, mulai dari kondisi awal, proses

penyimpanan (*Put*), proses pengambilan (*Take*), hingga validasi pembayaran dan pengiriman data.

Pengujian dilakukan dalam beberapa skenario, yaitu pengujian kondisi normal (sesuai alur sistem), kondisi loker L, pengujian acak (random), serta pengujian gangguan untuk mengetahui respon sistem terhadap kondisi tidak ideal. Setiap pengujian diamati berdasarkan input sensor, respon aktuator, serta output yang ditampilkan pada HMI.

Tabel 4. 10 Tabel Pengujian Sistem Secara Normal

No	Tahapan Sistem	Jarak Ultrasonik	Limit Switch	QRIS Soundbox	Solenoid	Keterangan
1	Sistem dinyalakan	> 25 cm	OFF	LOW	OFF	HMI menampilkan halaman autentikasi PIN Admin.
2	PIN Admin benar	> 25 cm	OFF	LOW	OFF	HMI menampilkan halaman MENU (PUT/TAKE) (siap isi barang)
3	Mode PUT dipilih	> 25 cm	ON		ON	Loker kosong terdeteksi, relay aktif sehingga pintu terbuka.
4	Koper dimasukkan ke dalam loker	$\leq$ 25 cm	OFF	LOW	ON	Sensor ultrasonik mendeteksi

						adanya koper di dalam loker.
5	Pintu loker ditutup	≤ 25 cm	ON	LOW	OFF	Limit switch mendeteksi pintu tertutup dan relay menonaktifkan solenoid sehingga pintu terkunci.
6	Mode TAKE dipilih	≤ 25 cm	ON	LOW	OFF	HMI menampilkan loker yang masih berisi koper dan siap dipilih.
7	PIN loker benar	≤ 25 cm	ON	LOW	OFF	Sistem memverifikasi PIN loker dan menampilkan halaman pembayaran QRIS
8	Pembayaran berhasil	≤ 25 cm	ON	HIGH	ON	QRIS SoundBox mengirim sinyal HIGH, relay aktif, dan pintu loker terbuka.
9	Koper diambil	> 25 cm	OFF	LOW	ON	Sensor ultrasonik

						tidak lagi mendeteksi koper di dalam loker.
10	Pintu ditutup kembali	> 25 cm	ON	LOW	OFF	Relay menonaktifkan solenoid sehingga pintu terkunci dan sistem kembali ke menu utama

Berdasarkan hasil pengujian sistem secara normal pada Tabel 4.10, seluruh tahapan operasional Smart Locker Suitcase dapat berjalan sesuai dengan logika yang telah dirancang. Pengujian dimulai dari kondisi standby, di mana sistem menampilkan menu utama dan menunggu input dari pengguna. Ketika pengguna memilih mode PUT dan sensor ultrasonik mendeteksi jarak lebih dari 25 cm, loker akan terbuka sehingga pengguna dapat memasukkan koper ke dalam loker. Setelah koper dimasukkan, sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan objek dengan jarak kurang dari atau sama dengan 25 cm dan limit switch mendeteksi pintu dalam kondisi tertutup. Pada kondisi tersebut, sistem mengunci pintu loker secara otomatis menggunakan Solenoid Door Lock sebagai mekanisme pengamanan barang yang disimpan.

Pada proses pengambilan barang (TAKE), sistem terlebih dahulu mendeteksi bahwa loker berada dalam kondisi terisi dan siap diambil. Selanjutnya pengguna melakukan pembayaran menggunakan QRIS. Setelah sistem menerima sinyal pembayaran berhasil dari QRIS Soundbox, Solenoid Door Lock akan aktif sehingga pintu loker terbuka dan pengguna dapat mengambil barang yang disimpan.

Setelah barang diambil, sensor ultrasonik kembali membaca jarak lebih dari 25 cm yang menunjukkan bahwa loker dalam kondisi kosong. Sistem kemudian melakukan proses reset dan kembali ke menu utama sehingga siap digunakan untuk

transaksi berikutnya. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, seluruh tahapan operasional sistem berhasil berjalan sesuai dengan kondisi yang diharapkan, sehingga diperoleh tingkat keberhasilan sistem sebesar 100%.

Tabel 4. 11 Pengujian Sistem Secara Normal Pada Loker L

No	Mode	Jarak Ultrasonik	Hasil Pembacaan	Tarif	QRIS	Keterangan
1	Koper S	27 cm – 31 cm	S	Rp1.000	Berhasil	Sistem mengenali koper sebagai ukuran S, menampilkan tarif Rp1.000, dan proses pembayaran serta pembukaan pintu berjalan dengan baik.
2	Koper M	22 cm – 26 cm	M	Rp2.000	Berhasil	Sistem mengenali koper sebagai ukuran M, menampilkan tarif Rp2.000, dan proses pembayaran serta pembukaan pintu berjalan dengan baik.
3	Koper L	18 cm – 21 cm	L	Rp3.000	Berhasil	Sistem mengenali koper sebagai ukuran L, menampilkan tarif Rp3.000,

						dan proses pembayaran serta pembukaan pintu berjalan dengan baik.
4	Tidak terdapat koper	> 31	Tidak ada koper	-	-	Sensor tidak mendeteksi objek sehingga loker dinyatakan kosong dan tidak menampilkan tarif maupun halaman pembayaran QRIS.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.11, sistem mampu mengidentifikasi ukuran koper yang ditempatkan pada Loker L berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik. Koper berukuran S terdeteksi pada rentang jarak 27–31 cm dengan tarif sebesar Rp1.000, koper berukuran M terdeteksi pada rentang 22–26 cm dengan tarif Rp2.000, sedangkan koper berukuran L terdeteksi pada rentang 18–21 cm dengan tarif Rp3.000. Setelah proses identifikasi selesai, sistem secara otomatis menampilkan nominal pembayaran QRIS sesuai ukuran koper yang terdeteksi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses identifikasi ukuran koper, penentuan tarif, pembayaran QRIS, hingga pembukaan pintu loker berlangsung sesuai dengan logika sistem yang telah dirancang. Selain itu, ketika sensor ultrasonik tidak mendeteksi adanya objek di dalam Loker L, sistem tidak menampilkan tarif maupun halaman pembayaran QRIS sehingga loker tetap berada pada kondisi kosong. Hal ini menunjukkan bahwa fitur identifikasi ukuran koper pada Loker L bekerja dengan baik dan menjadi pengembangan utama pada penelitian ini karena satu loker berukuran besar dapat melayani penyimpanan koper ukuran S, M, maupun L secara otomatis.

Tabel 4. 12 Tabel Pengujian Sistem Secara Acak

No	Kondisi Pengujian	Mode	Jarak Ultrasonik	Limit Switch	QRIS Soundbox	Solenoid	Keterangan
1	Loker kosong dipilih pada mode TAKE	TAKE	> 25 cm	OFF	LOW	OFF	Sistem menonaktifkan tombol loker sehingga proses pengambilan tidak dapat dilakukan.
2	Loker terisi dipilih pada mode PUT	PUT	≤ 25 cm	ON	LOW	OFF	Sistem menolak penyimpanan karena loker telah berisi koper.
3	PIN loker yang dimasukkan salah	TAKE	≤ 25 cm	ON	LOW	OFF	HMI menampilkan informasi PIN SALAH dan proses pembayaran QRIS tidak dapat dilanjutkan.
4	Pembayaran QRIS belum berhasil	PUT	≤ 25 cm	ON	LOW	OFF	Pintu loker tetap terkunci karena sistem belum

							menerima sinyal HIGH dari QRIS SoundBox.
5	Pembayaran QRIS berhasil	TAKE	≤ 25 cm	ON	HIGH	ON	Relay mengaktifkan solenoid sehingga pintu loker terbuka dan koper dapat diambil.
6	Koper telah diambil dan pintu ditutup kembali	TAKE	> 25 cm	ON	LOW	OFF	Sensor tidak lagi mendeteksi koper, relay mengunci kembali pintu, dan sistem kembali ke menu utama.

Berdasarkan hasil pengujian sistem secara acak pada Tabel 4.12, seluruh skenario pengujian menunjukkan respons sistem yang sesuai dengan logika program yang telah dirancang. Sistem mampu membedakan kondisi loker kosong dan loker terisi berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik, sehingga pengguna tidak dapat menyimpan koper pada loker yang telah terisi maupun mengambil koper dari loker yang kosong. Selain itu, proses autentikasi PIN loker berjalan dengan baik, di mana sistem hanya melanjutkan ke tahap pembayaran QRIS apabila PIN yang dimasukkan sesuai dengan data yang tersimpan.

Pada proses pembayaran, sistem hanya membuka pintu loker setelah menerima sinyal HIGH dari QRIS SoundBox sebagai indikator bahwa transaksi telah berhasil dilakukan. Sebaliknya, apabila pembayaran belum berhasil atau sinyal QRIS belum diterima, relay tetap dalam kondisi tidak aktif sehingga solenoid

door lock tetap mengunci pintu loker. Setelah koper diambil dan pintu ditutup kembali, sensor ultrasonik tidak lagi mendeteksi adanya objek di dalam loker, sedangkan limit switch memastikan pintu telah tertutup sehingga relay menonaktifkan solenoid dan sistem kembali ke kondisi awal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi antara ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, limit switch, QRIS SoundBox, relay, solenoid door lock, dan HMI Nextion mampu bekerja secara terkoordinasi pada berbagai kondisi pengujian. Seluruh skenario berhasil dijalankan tanpa ditemukan kesalahan fungsi, sehingga diperoleh tingkat keberhasilan sistem sebesar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mampu menjalankan proses penyimpanan dan pengambilan koper secara normal, tetapi juga mampu memberikan respons yang tepat terhadap kondisi yang tidak sesuai dengan alur operasi sistem.

Tabel 4. 13 Tabel Pengujian Sistem dengan Gangguan Perbedaan Ukuran Koper

No	Kondisi Pengujian	Jarak Ultrasonik	Kondisi yang Diharapkan	Respon Sistem	Keterangan
1	Koper S ditempatkan pada Loker M	≤ 25 cm	Loker terdeteksi terisi	Berhasil	Koper dapat disimpan dan sistem mendeteksi keberadaan koper sesuai kondisi loker.
2	Koper kecil (S) dimasukkan ke loker besar (L)	> 25 cm	Teridentifikasi sebagai koper S	Berhasil	Sistem mengenali koper sebagai ukuran S dan menampilkan tarif Rp1.000.

3	Koper ditempatkan pada Loker S	M	Tidak dapat dimasukkan	Penyimpanan ditolak	Berhasil	Secara fisik koper tidak dapat dimasukkan ke dalam Loker S.
4	Koper ditempatkan pada Loker L	M	22–26 cm	Teridentifikasi sebagai koper M	Berhasil	Sistem mengenali koper sebagai ukuran M dan menampilkan tarif Rp2.000.
5	Koper ditempatkan pada Loker S	L	Tidak dapat dimasukkan	Penyimpanan ditolak	Berhasil	Secara fisik koper tidak dapat dimasukkan ke dalam Loker S.
6	Koper ditempatkan pada Loker M	L	Tidak dapat dimasukkan	Penyimpanan ditolak	Berhasil	Secara fisik koper tidak dapat dimasukkan ke dalam Loker M.
7	Koper ditempatkan pada Loker L	L	18–21 cm	Teridentifikasi sebagai koper L	Berhasil	Sistem mengenali koper sebagai ukuran L dan menampilkan tarif Rp3.000.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.13, sistem menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi dan mengidentifikasi ukuran koper sesuai dengan karakteristik masing-masing loker. Pada Loker S dan Loker M, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan koper sehingga sistem dapat

menentukan apakah loker berada dalam kondisi kosong atau terisi. Selain itu, secara fisik hanya koper yang memiliki ukuran sesuai dengan dimensi loker yang dapat disimpan, sedangkan koper yang berukuran lebih besar tidak dapat dimasukkan ke dalam loker.

Berbeda dengan Loker S dan Loker M, Loker L memiliki kemampuan tambahan untuk mengidentifikasi ukuran koper berdasarkan hasil pembacaan jarak sensor ultrasonik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa koper berukuran S dapat dikenali pada rentang jarak 27–31 cm, koper berukuran M pada rentang 22–26 cm, dan koper berukuran L pada rentang 18–21 cm. Informasi tersebut selanjutnya digunakan oleh sistem untuk menentukan tarif penyimpanan secara otomatis sebelum halaman pembayaran QRIS ditampilkan kepada pengguna.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa seluruh skenario berjalan sesuai dengan logika sistem yang telah dirancang. Koper berukuran S, M, maupun L dapat dikenali dengan benar ketika ditempatkan pada Loker L, sedangkan koper yang secara fisik melebihi dimensi Loker S maupun Loker M tidak dapat dimasukkan sehingga tidak memengaruhi proses identifikasi sistem. Dengan demikian, kombinasi sensor ultrasonik, ESP32, dan Human Machine Interface (HMI) mampu memberikan respons yang sesuai terhadap variasi ukuran koper serta mendukung penerapan tarif yang berbeda berdasarkan hasil identifikasi ukuran koper pada Loker L.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem tidak hanya mampu mendeteksi keberadaan koper di dalam loker, tetapi juga mampu mengidentifikasi ukuran koper pada Loker L secara otomatis. Fitur ini menjadi salah satu pengembangan utama dalam penelitian karena memungkinkan satu loker berukuran besar digunakan untuk beberapa ukuran koper dengan tarif penyimpanan yang disesuaikan secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor ultrasonik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem Smart Locker Suitcase berbasis Internet of Things (IoT) dengan pembayaran QRIS, dapat disimpulkan bahwa sistem telah berhasil direalisasikan sesuai dengan tujuan penelitian.

1. Sistem Smart Locker Suitcase berbasis Internet of Things (IoT) dengan pembayaran Quick Response Code Indonesian Standard (QRIS) berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi keberadaan koper, limit switch sebagai pendeteksi kondisi pintu loker, Human Machine Interface (HMI) Nextion sebagai antarmuka pengguna, serta Google Spreadsheet sebagai media monitoring berbasis cloud. Seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi sehingga mampu menampilkan status loker dan mencatat aktivitas pengguna secara *real-time*.
2. Hasil pengujian sensor ultrasonik menunjukkan nilai error rata-rata sebesar 5,094% dengan tingkat akurasi sebesar 94,906%. Sensor mampu mendeteksi keberadaan koper pada masing-masing loker serta membedakan ukuran koper sesuai dengan batas jarak yang telah ditentukan. Perbedaan nilai pengukuran dipengaruhi oleh posisi objek terhadap sensor dan karakteristik pantulan gelombang ultrasonik.
3. Mekanisme penguncian dan pembukaan pintu menggunakan Solenoid Door Lock yang dikendalikan oleh relay dan ESP32 mampu bekerja secara otomatis dengan tingkat keberhasilan sebesar 98,08% dan 97,67%. Persentase keberhasilan yang belum mencapai 100% dipengaruhi oleh toleransi mekanik pintu loker, variasi posisi penutupan pintu, serta respons limit switch pada setiap pengujian.
4. Integrasi sistem pembayaran digital menggunakan QRIS berhasil diterapkan pada proses pengambilan koper. Hasil pengujian komunikasi pembayaran menunjukkan waktu respons tercepat 5,2 detik, waktu rata-rata 6,5 detik, dan waktu terlama 49,5 detik. Variasi waktu respons dipengaruhi oleh kondisi

jaringan internet, proses komunikasi data, serta respons perangkat QRIS Soundbox.

5. Sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) melalui Google Spreadsheet berhasil merekam aktivitas penyimpanan dan pengambilan koper secara real-time, sehingga memudahkan proses pemantauan status loker, pencatatan transaksi, dan dokumentasi aktivitas pengguna.
6. Berdasarkan seluruh hasil pengujian, sistem Smart Locker Suitcase berbasis IoT dengan pembayaran QRIS telah mampu beroperasi sesuai dengan rancangan yang dibuat. Sistem berhasil mengintegrasikan fungsi identifikasi keberadaan koper, penguncian otomatis, pembayaran digital, antarmuka pengguna, dan monitoring berbasis cloud sehingga dapat meningkatkan efisiensi layanan penitipan koper serta keamanan penyimpanan barang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem smart locker suitcase berbasis Internet of Things (IoT) dengan pembayaran QRIS, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem di masa mendatang, yaitu sebagai berikut:

1. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan metode validasi pembayaran QRIS yang lebih kompleks, misalnya melalui integrasi langsung dengan API pembayaran, sehingga meningkatkan keandalan sistem terhadap kemungkinan gangguan pembacaan sinyal.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan metode identifikasi pengguna, seperti pemindaian QR Code dinamis, sidik jari (fingerprint), atau pengenalan wajah (face recognition), sehingga keamanan proses pengambilan koper menjadi lebih baik.
3. Sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) dapat dikembangkan dengan menggunakan basis data (database) atau platform cloud yang lebih lengkap sehingga mampu menyimpan riwayat transaksi dalam jangka panjang, menyediakan fitur pencarian data, serta menghasilkan laporan penggunaan loker secara otomatis.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur keamanan, seperti kamera pemantau (CCTV), autentikasi berbasis One Time Password (OTP),

atau notifikasi otomatis kepada pengguna melalui aplikasi maupun pesan singkat ketika terjadi aktivitas pada loker, sehingga tingkat keamanan dan kenyamanan pengguna dapat semakin ditingkatkan.

5. Pengembangan selanjutnya juga dapat dilakukan dengan meningkatkan metode identifikasi ukuran koper menggunakan kombinasi beberapa sensor atau algoritma klasifikasi, sehingga proses pendeteksian menjadi lebih akurat dan mampu mengurangi kesalahan pembacaan akibat variasi posisi koper maupun karakteristik pantulan gelombang ultrasonik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rafik Kladius, Irfan Alfian Rizqi, Feddy Setio Pribadi, Rizky Ajie Aprilianto, "Systematic Literature Review: Smart and Secure Locker System" *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 22, no. 1, hal. 105–120, Agustus 2024.
- [2] Syahfran, "Analisis Kinerja Petugas Lost and Found Dalam Menangani Laporan Bagasi Rusak Pada Maskapai Garuda Indonesia di Bandar Udara Internasional Yogyakarta," *SAKOLA - Journal of Sains Cooperative Learning and Law*, vol. 1, no. 2, Oktober 2024.
- [3] Badan Pusat Statistik, *Statistik Kriminal 2022*, vol. 14, Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2022.
- [4] L. B. Prameswari, "Perpusnas perbaiki mekanisme penggunaan loker jamin keamanan pemustaka," ANTARA News, Apr. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.antaranews.com/>
- [5] R. Kinanti and N. M. P. Kusuma, "Analisis Pengaruh Lingkungan Kerja dan Fasilitas Kerja di Gedung Terminal Baru terhadap Kinerja Pegawai di Unit Aviation Security (AVSEC) pada Bandar Udara Trunojoyo Sumenep," *Artikel*, vol. 6, no. 2, Dec. 2022.
- [6] A. Bhawadzier, A. Alhafiz, and N. B. Nugroho, "Rancang Bangun Sistem Penitipan Loker Koper Berbasis IoT dengan Autentikasi RFID dan Monitoring Firebase," *Jurnal Sistem Komputer TGD*, vol. 3, no. 3, pp. 97–108, May 2024.
- [7] D. M. A. Pamungkas, "Loker Penitipan Barang dengan Pengaman Sidik Jari," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, 2022.
- [8] I. Gina, "Implementasi Loker Pintar yang Terintegrasi dengan E-Money Berbasis Internet of Things (IoT)," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia, 2023.
- [9] T. M. Hartono, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Canggih untuk Loker Penyimpanan Menggunakan Internet of Things Berbasis Fingerprint dan One Time Password," Tugas Akhir, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2023.
- [10] R. Hidayat, "Perancangan Sistem Loker Otomatis Berbasis Mikrokontroler," Skripsi, Univ. Negeri Yogyakarta, 2019.

- [11] M. Iqbal, "Implementasi Sistem Keamanan Loker Elektronik Menggunakan Kode Akses," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 85–92, 2020.
- [12] A. Kadir, *Pemrograman Mikrokontroler dan Aplikasinya*, Yogyakarta: Andi, 2018.
- [13] S. Prasetyo, "Rancang Bangun Smart Locker Berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 45–52, 2021.
- [14] H. Andrianto dan A. Darmawan, *Arduino dan Sistem Kendali*, Bandung: Informatika, 2016.
- [15] D. Setiawan, "Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 14, no. 3, pp. 201–208, 2019.
- [16] E. S. Nugraha, "Implementasi Sensor Ultrasonik pada Sistem Deteksi Jarak," *Jurnal Elektronika dan Instrumentasi*, vol. 5, no. 2, pp. 120–126, 2018.
- [17] T. A. Wicaksono, "Penggunaan Limit Switch sebagai Sensor Posisi pada Sistem Otomatis," Skripsi, Univ. Diponegoro, 2020.
- [18] B. C. Kuo, *Automatic Control Systems*, 9th ed., New York: Wiley, 2014.
- [19] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th ed., New Jersey: Prentice Hall, 2010.
- [20] Espressif Systems, *ESP32 Technical Reference Manual*, Espressif Systems, 2022.
- [21] A. F. N. Siregar, "Pengantar Penerapan Internet of Things: Konsep Dasar Penerapan IoT di Berbagai Sektor," ResearchGate, 2024. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/>
- [22] A. D. Putra and R. Y. Sari, "Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Ketinggian Air Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan NodeMCU ESP32," *Jurnal Voteknika*, vol. 12, no. 2, pp. 123–130, 2024.
- [23] Bank Indonesia, "QR Code Indonesian Standard (QRIS)," Bank Indonesia. [Online]. Available: <https://www.bi.go.id/>
- [24] F. A. A. Azzahra, "Pengaruh Penggunaan Quick Response Code Indonesian Standard (QRIS) terhadap Velocity of Money di Indonesia Periode 2020–2022," Skripsi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Lampung, Indonesia, 2023.

- [25] D. Sari and B. P. Hartono, "Studi Pengaruh QRIS terhadap Peningkatan Transaksi Digital di Kota Semarang," *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, vol. 9, no. 1, pp. 30–38, 2023.
- [26] M. C. Mubarrok and S. Syahririni, "Design of RFID Based Locker Security Device Google Spreadsheet," *UMSIDA Preprints*, 2022.
- [27] J. Pebralia, L. Handayani, D. Suprayogi, and I. Amri, "Implementation of Internet of Things (IoT) Based on Google Sheets for Water Quality Monitoring System," *Journal of Physics*, 2023.
- [28] Kamal, Firdayanti, U. M. Tyas, A. A. Buckhari, and Pattasang, "Implementasi Aplikasi Arduino IDE pada Mata Kuliah Sistem Digital," *TEKNOS: Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2023.
- [29] A. K. Dewi, M. S. Hadi, dan S. Anwar, "Sistem Atap Rumah Otomatis pada Smarthome dengan Menggunakan Arduino," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 5, no. 1, hlm. 43–48, 2017. [Online].
- [30] D. M. Sepudin and S. Abdullah, "Sistem Keamanan Pintu Rumah Berbasis Internet of Things Menggunakan NodeMCU ESP32 dan Telegram," *Jurnal RESTIKOM: Riset Teknik Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 3, pp. 93–99, 2023.
- [31] I. W. Suriana, I. G. A. Setiawan, and I. M. S. Graha, "Rancang Bangun Sistem Pengaman Kotak Dana Punia Berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Aplikasi Telegram," *Jurnal Ilmiah TELSINAS*, vol. 4, no. 2, Sept. 2021.
- [32] M. R. Abdussalam et al., "Design and Implementation of Human Machine Interface Based on Touch Screen for Industrial Control System," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [33] S. Nurhaliza, "Implementasi Human Machine Interface (HMI) pada Sistem Otomasi Pintu Menggunakan Nextion 5 Inci dan Arduino Uno," *Tugas Akhir, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia*, 2021.
- [34] Nextion, "Nextion Instruction Set and Communication Protocol." [Online]. Available: <https://nextion.tech>
- [35] "Penggunaan Limit Switch pada Sistem Kendali Otomatis," *Jurnal TEKTR0*, vol. 6, no. 1, 2022.

- [36] Thomas Publishing Company, "Industrial Limit Switch Theory and Applications." [Online]. Available: <https://www.thomasnet.com/>
- [37] F. H. Nasution and M. M. Siregar, "Perancangan Sistem Pengamanan Pintu Otomatis Menggunakan Mikrokontroler," *Jurnal Infra*, vol. 8, no. 1, pp. 55–60, 2020.
- [38] D. Fitriyani and R. Ridwan, "Pengendalian Kunci Pintu Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Modul RFID," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 22–27, 2022.
- [39] C. E. P. Wijayanti and B. H. Prasetyo, "Alat Ukur Berat dan Volume Buah Menggunakan Multi Sensor Ultrasonic dan Metode Regresi Linier Berganda Berbasis Arduino Uno," vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [40] F. R. Utami, M. A. Riyadi, and Y. Christyono, "Perancangan Catu Daya Arus Searah Keluaran Ganda sebagai Penggerak Robot Lengan Artikulasi," *Transient*, vol. 9, no. 3, 2020.
- [41] Datasheet resmi XL4015, XLsemi Semiconductor Co. Ltd, 2018.
- [42] M. Hasanuzzaman et al., "Modern Electrical Control System Applications in Smart Homes and Automation," *Journal of Electrical Engineering*, 2019.
- [43] J. Kaur and G. Kaur, "Smart Control of Home Appliances Using IoT-Based Relay Modules," *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 2021.
- [44] A. Novriadi, "Perancangan Pengontrolan Overhead Crane Menggunakan Kabel dan Nirkabel Berbasis Arduino," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 7, no. 2, pp. 76–84, 2019.
- [45] S. Purwanto, "Rancang Bangun Electric Power Converter (Catu Daya) untuk Alat Anodizing Portable," *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 86–94, 2021.
- [46] N. Khaerudin and M. Yusuf, "Analisis Konsumsi Daya Listrik pada Sistem Instalasi Rumah Tangga," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 85–92, 2022.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Code Program Arduino IDE

```
#include <WiFi.h>
#include <HttpClient.h>
#include <HardwareSerial.h>

#define QRIS_PIN 2

// ===== PILOT LAMP =====
#define LAMP_S 5
#define LAMP_M 18
#define LAMP_L 19

// ===== LOKER S =====
#define PINTU_S 12
#define TRIG_S 26
#define ECHO_S 32
#define LIMIT_S 21

// ===== LOKER M =====
#define PINTU_M 27
#define TRIG_M 25
#define ECHO_M 35
#define LIMIT_M 22

// ===== LOKER L =====
#define PINTU_L 14
#define TRIG_L 33
#define ECHO_L 34
#define LIMIT_L 23

HardwareSerial nextion(2);
```

```

const char* ssid = "ode";
const char* password = "ode170502";
const char* scriptURL =
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbwQCvo_PSwkAnVBvcOBjYmx2gZ4
75gKOZ5p7WLRYPD7x00_y3NfYit_ZNPBO5wy-FQQhA/exec";

/* ===== STRUCT ===== */
struct Loker {

    String id;
    int pintu, trig, echo, limitSwitch;
    int pilotLamp;

    bool tungguQRIS = false;
    bool menungguTutup = false;
    bool errorTutup = false;
    bool sudahKirimBarang = false;

    unsigned long waktuMulaiTutup = 0;

    // ===== DEBOUNCE LIMIT SWITCH =====
    int lastLimitState = HIGH;
    int limitState = HIGH;
    unsigned long lastDebounceTime = 0;
    const int debounceDelay = 50;

    Loker(String i, int p, int t, int e, int ls, int lamp)
        : id(i), pintu(p), trig(t), echo(e), limitSwitch(ls), pilotLamp(lamp) {}
};

Loker lokerS("S", PINTU_S, TRIG_S, ECHO_S, LIMIT_S, LAMP_S);

```

```
Loker lokerM("M", PINTU_M, TRIG_M, ECHO_M, LIMIT_M, LAMP_M);
Loker lokerL("L", PINTU_L, TRIG_L, ECHO_L, LIMIT_L, LAMP_L);
```

```
bool globalModePut = false;
bool globalModeTake = false;
```

```
String inputKode = "";
Loker* lokerDipilih = nullptr;
int hargaTerakhir = 0;
```

```
const String kodeS = "1234";
const String kodeM = "5678";
const String kodeL = "9012";
```

```
/* ===== LOGIN ADMIN ===== */
```

```
const String ADMIN_PIN = "1705";
```

```
bool modeLogin = true;
```

```
/* ===== SETUP ===== */
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(115200);
    nextion.begin(9600);
```

```
    pinMode(QRIS_PIN, INPUT_PULLDOWN);
```

```
    for (Loker* l : {&lokerS, &lokerM, &lokerL}) {
```

```
        pinMode(l->pintu, OUTPUT);
        digitalWrite(l->pintu, LOW);
```

```

pinMode(l->pilotLamp, OUTPUT);
digitalWrite(l->pilotLamp, LOW);

pinMode(l->trig, OUTPUT);
pinMode(l->echo, INPUT);

pinMode(l->limitSwitch, INPUT_PULLUP);
}

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

Serial.println("\nWiFi Connected");

sendToNextion("page CODE");

modeLogin = true;

inputKode = "";
}

/* ===== LOOP ===== */
void loop() {

    bacaNextion();

    handleLoker(loverS);

```

```

    handleLoker(lokerm);
    handleLoker(lokerr);

    delay(30);
}

/* ===== HANDLE LOKER ===== */
void handleLoker(Loker& l) {

    long jarak = readUltrasonic(l.trig, l.echo);

    // ===== PILOT LAMP =====
    bool kosong;

    if (l.id == "L")
        kosong = (getUkuranLokerL(jarak) == 0);
    else
        kosong = (jarak >= 25);

    digitalWrite(l.pilotLamp, kosong ? HIGH : LOW);

    // ===== MODE PUT =====
    if (globalModePut) {

        bool kosong;
        if (l.id == "L") kosong = (getUkuranLokerL(jarak) == 0);
        else kosong = (jarak >= 25);

        nextion.print("bt" + l.id + ".en=" + String(kosong ? 1 : 0));
        sendEnd();

        uint16_t warna = kosong ? 2016 : 63488; // hijau : merah
    }
}

```

```

nextion.print("bt" + l.id + ".bco=" + String(warna));
sendEnd();

nextion.print("bt" + l.id + ".bco2=" + String(warna));
sendEnd();

nextion.print("t" + l.id + ".txt=\"" +
                String(kosong ? "Kosong" : "Ada Barang") + "\"");
sendEnd();
}

// ===== MODE TAKE =====
if (globalModeTake) {

    bool adaBarang;
    if(l.id=="L") adaBarang=(getUkuranLokerL(jarak)!=0);
    else adaBarang=(jarak<25);

    nextion.print("bt" + l.id + ".en=" + String(adaBarang ? 1 : 0));
    sendEnd();

    uint16_t warna = adaBarang ? 63488 : 2016; // merah : hijau

    nextion.print("bt" + l.id + ".bco=" + String(warna));
    sendEnd();

    nextion.print("bt" + l.id + ".bco2=" + String(warna));
    sendEnd();

    if (adaBarang) {

```

```

unsigned long durasiMs = millis() - l.waktuMulaiTutup;

int jam = max(1, (int)(durasiMs / 3600000UL));

int hargaAwal;
if(l.id=="L"){
    int ukuran=getUkuranLokerL(jarak);
    if(ukuran==1) hargaAwal=1000;
    else if(ukuran==2) hargaAwal=2000;
    else hargaAwal=3000;
} else {
    hargaAwal=(l.id=="S"?1000:2000;
}

int harga = hargaAwal + (jam - 1) * 1000;

nextion.print("t" + l.id + ".txt=\"Rp" + String(harga) + "\"");
sendEnd();
}
else {

    nextion.print("t" + l.id + ".txt=\"Tidak Ada\"");
    sendEnd();
}
}

// ===== QRIS SUCCESS =====

if (l.tungguQRIS && digitalRead(QRIS_PIN) == HIGH) {

    sendToNextion("page SUCCESS");
    long j = readUltrasonic(l.trig, l.echo);

```

```

String ukuran = getUkuranString(l, j);

sendToSheet(
    "TAKE",
    l.id,
    ukuran,
    "Pembayaran QRIS Berhasil"
);

digitalWrite(l.pintu, HIGH);
delay(3000);
digitalWrite(l.pintu, LOW);

sendToNextion("page MENU");

l.tungguQRIS = false;
l.waktuMulaiTutup = 0;
}

// ===== DEBOUNCE LIMIT SWITCH =====

int reading = digitalRead(l.limitSwitch);

if (reading != l.lastLimitState) {
    l.lastDebounceTime = millis();
}

if ((millis() - l.lastDebounceTime) > l.debounceDelay) {
    l.limitState = reading;
}

```

```

l.lastLimitState = reading;

// ===== MENUNGGU PINTU DITUTUP =====
if (l.menungguTutup) {

    if (l.limitState == LOW) {

        digitalWrite(l.pintu, LOW);

        sendText("TERKUNCI");

        long j = readUltrasonic(l.trig, l.echo);

        bool adaBarang =
            (l.id=="L") ? (getUkuranLokerL(j)!=0) : (j<25);

        if (adaBarang && !l.sudahKirimBarang) {

            String ukuran = getUkuranString(l, j);

            sendToSheet(
                "PUT",
                l.id,
                ukuran,
                "Barang Terdeteksi"
            );

            l.sudahKirimBarang = true;
        }

        sendToNextion("page MENU");
    }
}

```

```

        l.menungguTutup = false;
    }

    else if (millis() - l.waktuMulaiTutup > 10000 && !l.errorTutup) {

        digitalWrite(l.pintu, LOW);

        sendText("ERROR");

        long j = readUltrasonic(l.trig, l.echo);

        String ukuran = getUkuranString(l, j);

        sendToSheet(
            "PUT",
            l.id,
            ukuran,
            "Pintu Tidak Tertutup!"
        );

        l.errorTutup = true;
    }
    else if (l.errorTutup && l.limitState == LOW) {

        sendToNextion("page MENU");

        long j = readUltrasonic(l.trig, l.echo);

        String ukuran = getUkuranString(l, j);

        sendToSheet(
            "PUT",

```

```

        l.id,
        ukuran,
        "Reset Setelah Error"
    );

    l.errorTutup = false;
    l.menungguTutup = false;
    }
}
}

/* ===== NEXTION ===== */
void bacaNextion() {

    static String input = "";

    while (nextion.available()) {

        input += char(nextion.read());

        if (input.endsWith("\xFF\xFF\xFF")) {

            if(modeLogin) return;

            globalModePut = true;
            globalModeTake = false;

            sendToNextion("page PUT");
        }

        else if (input.endsWith("\xFF\xFF\xFF")) {

```

```

if(modeLogin) return;

globalModePut = false;
globalModeTake = true;

sendToNextion("page TAKE");
}

else if (input.endsWith("btS\xFF\xFF\xFF")) tekanLoker(lokerS);
else if (input.endsWith("btM\xFF\xFF\xFF")) tekanLoker(lokerM);
else if (input.endsWith("btL\xFF\xFF\xFF")) tekanLoker(lokerL);

else if (input.endsWith("bt1\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('1');
else if (input.endsWith("bt2\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('2');
else if (input.endsWith("bt3\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('3');
else if (input.endsWith("bt4\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('4');
else if (input.endsWith("bt5\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('5');
else if (input.endsWith("bt6\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('6');
else if (input.endsWith("bt7\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('7');
else if (input.endsWith("bt8\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('8');
else if (input.endsWith("bt9\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('9');
else if (input.endsWith("bt0\xFF\xFF\xFF")) tambahDigit('0');

//=====

// BUTTON BACK / CANCEL (Page CODE)
// Hex : 65 07 0D 01 FF FF FF
//=====

else if (input.endsWith("\x65\x07\x0D\x01\xFF\xFF\xFF")) {

// Hapus semua input PIN
inputKode = "";
sendText("tn", "");

```

```

// Jika masih di login admin
if (modeLogin) {

    // Tetap di halaman CODE, hanya mengosongkan PIN
    sendToNextion("page CODE");
}

// Jika sedang memasukkan PIN loker
else {

    lokerDipilih = nullptr;

    globalModePut = false;
    globalModeTake = true;

    sendToNextion("page TAKE");
}

input = "";
return;
}

else if (input.endsWith("btD\xFF\xFF\xFF")) {

    if (inputKode.length() > 0) {

        inputKode.remove(inputKode.length() - 1);
    }

    sendText("tn", inputKode);
}

```

```

else if (input.endsWith("\xFF\xFF\xFF")) {

//=====

// LOGIN ADMIN

//=====

if(modeLogin)
{
    if(inputKode == ADMIN_PIN)
    {
        modeLogin = false;

        // Reset kondisi sistem
        globalModePut = false;
        globalModeTake = false;

        inputKode = "";

        sendText("tn","");

        sendToNextion("page MENU");
    }
    else
    {
        inputKode = "";

        sendText("tn","SALAH");

        delay(1500);

        inputKode = "";
    }
}

```

```

        sendText("tn","");
        sendToNextion("page CODE");
    }

    return;
}

//=====
// PIN LOKER
//=====

    bool valid = false;

    if (lokerDipilih == &lokerS && inputKode == kodeS) valid = true;
    if (lokerDipilih == &lokerM && inputKode == kodeM) valid = true;
    if (lokerDipilih == &lokerL && inputKode == kodeL) valid = true;

    if (valid) {

        sendText("tS", "");
        sendText("tM", "");
        sendText("tL", "");

        if(lokerDipilih == &lokerS){

            sendToNextion("page S");

            delay(300);

            sendText("tS","Rp" + String(hargaTerakhir));

        }
    }

```

```

if(lokerDipilih == &lokerM){

    sendToNextion("page M");

    delay(300);

    sendText("tM","Rp" + String(hargaTerakhir));
}

if(lokerDipilih == &lokerL){

    sendToNextion("page L");

    delay(300);

    sendText("tL","Rp" + String(hargaTerakhir));
}

lokerDipilih->tungguQRIS = true;

    inputKode = "";
}

else {

    sendText("tn", "SALAH");

    delay(1000);

    inputKode = "";
}

```

```

        sendText("tn", "");
    }
}

    if (input.length() > 40) input = "";
}
}

/* ===== TEKAN LOKER ===== */
void tekanLoker(Loker& l) {

    long jarak = readUltrasonic(l.trig, l.echo);

    bool kosong;

    if(l.id=="L")
        kosong=(getUkuranLokerL(jarak)==0);
    else
        kosong=(jarak>=25);

    if(globalModePut && kosong)
    {

        digitalWrite(l.pintu, HIGH);

        sendText("TERBUKA");

        String ukuran=getUkuranString(l,jarak);

        sendToSheet("PUT", l.id, ukuran, "Loker Dibuka");

        l.waktuMulaiTutup = millis();
    }
}

```

```

        l.menungguTutup = true;
        l.errorTutup = false;
        l.sudahKirimBarang = false;
    }

    bool adaBarang;

    if(l.id=="L")
        adaBarang=(getUkuranLokerL(jarak)!=0);
    else
        adaBarang=(jarak<25);

    if(globalModeTake && adaBarang) {

        unsigned long durasiMs = millis() - l.waktuMulaiTutup;

        int jam = max(1, (int)(durasiMs / 3600000UL));

        int hargaAwal;
        if(l.id=="L"){
            int ukuran=getUkuranLokerL(jarak);
            if(ukuran==1) hargaAwal=1000;
            else if(ukuran==2) hargaAwal=2000;
            else hargaAwal=3000;
        } else {
            hargaAwal=(l.id=="S"?1000:2000;
        }

        hargaTerakhir = hargaAwal + (jam - 1) * 1000;

        lokerDipilih = &l;

```

```

inputKode = "";

sendText("tn", "");

// ===== PIN LOCKER =====
    sendToNextion("page CODE");
}
}

void tambahDigit(char digit) {

    if (inputKode.length() < 4) {

        inputKode += digit;

        sendText("tn", inputKode);
    }
}

/* ===== UTIL ===== */

long readUltrasonic(int trig, int echo) {

    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);

    digitalWrite(trig, LOW);

    long duration = pulseIn(echo, HIGH, 30000);

```

```

        return duration * 0.034 / 2;
    }

//=====
// DETEKSI UKURAN KOPER DI LOKER L
//=====

int getUkuranLokerL(long jarak)
{
    if (jarak >= 27) return 1;
    else if (jarak >= 22) return 2;
    else if (jarak >= 18) return 3;
    else return 0;
}

String getUkuranString(Loker &l, long jarak)
{
    if (l.id == "S")
        return "S";

    if (l.id == "M")
        return "M";

    int ukuran = getUkuranLokerL(jarak);

    if (ukuran == 1)
        return "S";

    if (ukuran == 2)
        return "M";

    return "L";
}

```

```
}
```

```
void sendToNextion(String cmd) {
```

```
    nextion.print(cmd);
```

```
    sendEnd();
```

```
}
```

```
void sendText(String obj, String teks) {
```

```
    nextion.print(obj + ".txt=\"" + teks + "\"");
```

```
    sendEnd();
```

```
}
```

```
void sendText(String teks) {
```

```
    nextion.print("tS.txt=\"" + teks + "\"");
```

```
    sendEnd();
```

```
}
```

```
void sendEnd() {
```

```
    nextion.write(0xFF);
```

```
    nextion.write(0xFF);
```

```
    nextion.write(0xFF);
```

```
}
```

```
void setButtonState(String id, bool enable, String teks) {
```

```
nextion.print("bt" + id + ".en=" + (enable ? "1" : "0"));
sendEnd();
```

```
uint16_t color = enable ? 2016 : 63488;
```

```
nextion.print("bt" + id + ".bco=" + color);
sendEnd();
```

```
nextion.print("bt" + id + ".bco2=" + color);
sendEnd();
```

```
if (teks != "") {
```

```
    nextion.print("t" + id + ".txt=\"" + teks + "\"");
```

```
    sendEnd();
```

```
}
```

```
}
```

```
void sendToSheet(String mode, String loker, String ukuran, String status) {
```

```
    HTTPClient http;
```

```
    http.begin(scriptURL);
```

```
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
```

```
    String postData =
```

```
    "mode=" + mode +
```

```
    "&loker=" + loker +
```

```
    "&ukuran=" + ukuran +
```

```
    "&status=" + status;
```

```
http.POST(postData);
```

```
http.end();  
}
```

Lampiran 2. Code Program Apps Script

```
function doPost(e) {  
  try {  
    if (!e || !e.parameter) {  
      return outputJSON("error", "No data received");  
    }  
  
    const mode = (e.parameter.mode || "").toUpperCase().trim();  
    const loker = (e.parameter.loker || "").toUpperCase().trim();  
    const ukuran = (e.parameter.ukuran || "").toUpperCase().trim();  
    const status = (e.parameter.status || "").trim();  
  
    if (!mode || !loker || !ukuran || !status) {  
      return outputJSON("error", "Incomplete data");  
    }  
  
    const ss = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet();  
    let sheet = ss.getSheetByName("DATA");  
  
    // Jika sheet belum ada → buat  
    if (!sheet) {  
      sheet = ss.insertSheet("DATA");  
    }  
  
    // Jika header belum ada → buat header
```

```

if (sheet.getLastRow() === 0) {
    sheet.appendRow([
        "Timestamp",
        "Mode",
        "Loker",
        "Ukuran",
        "Status"
    ]);
}

// Tambahkan data baru
sheet.appendRow([
    new Date(),
    mode,
    loker,
    ukuran,
    status
]);

return outputJSON("success", "Data saved");

} catch (err) {
    return outputJSON("error", err.toString());
}
}

/* ===== JSON RESPONSE ===== */
function outputJSON(status, message) {
    return ContentService
        .createTextOutput(
            JSON.stringify({
                result: status,

```

```

        message: message
    })
)
.setMimeType(ContentService.MimeType.JSON);
}

```

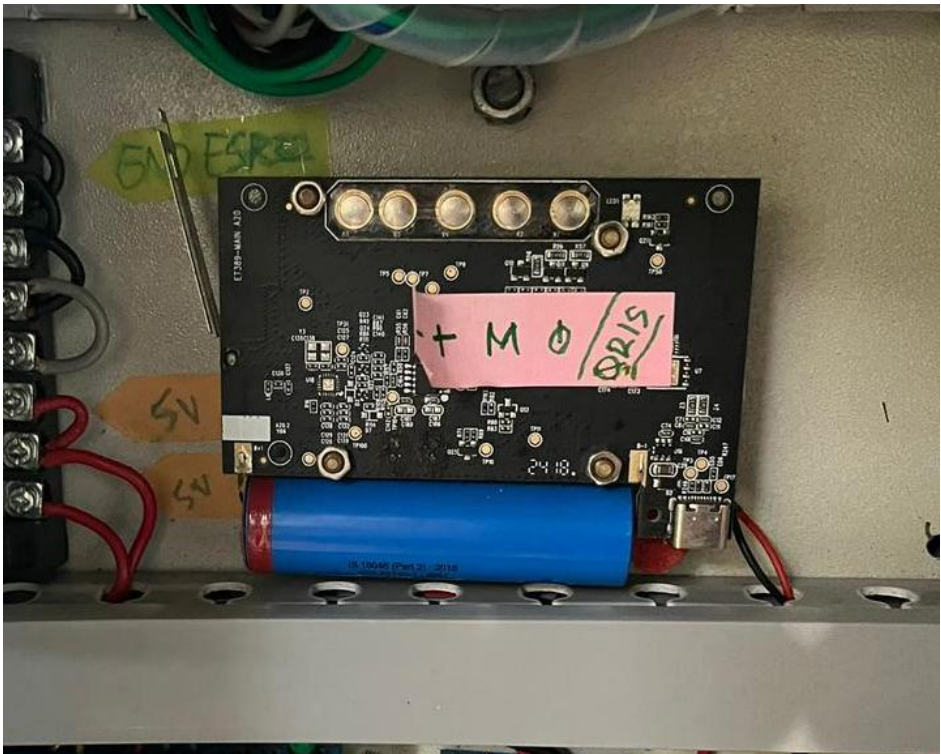
Lampiran 3. Tampilan Spreadsheets

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Timestamp	Mode	Loker	Status											
2	13/02/2026 16:04:29	PUT	S	Loker Dibuka											
3	13/02/2026 16:07:03	PUT	S	Loker Dibuka											
4	13/02/2026 16:07:08	PUT	S	Barang Terdeteksi											
5	13/02/2026 16:07:12	PUT	M	Loker Dibuka											
6	13/02/2026 16:07:17	PUT	M	Loker Dibuka											
7	13/02/2026 16:07:31	PUT	M	Pintu Tidak Tertutupi											
8	13/02/2026 16:08:23	PUT	S	Loker Dibuka											
9	13/02/2026 16:08:27	PUT	S	Barang Terdeteksi											
10	13/02/2026 16:10:45	PUT	M	Pintu Tidak Tertutupi											
11	13/02/2026 16:11:03	PUT	S	Loker Dibuka											
12	13/02/2026 16:11:06	PUT	S	Barang Terdeteksi											
13	13/02/2026 16:11:45	PUT	M	Loker Dibuka											
14	13/02/2026 16:11:59	PUT	M	Pintu Tidak Tertutupi											
15	13/02/2026 16:12:29	PUT	M	Loker Dibuka											
16	13/02/2026 16:12:43	PUT	M	Pintu Tidak Tertutupi											
17	13/02/2026 16:14:51	PUT	M	Loker Dibuka											
18	13/02/2026 16:15:07	PUT	M	Pintu Tidak Tertutupi											
19	13/02/2026 16:19:06	PUT	M	Loker Dibuka											
20	13/02/2026 16:19:10	PUT	M	Loker Dibuka											
21	13/02/2026 16:19:14	PUT	M	Barang Terdeteksi											
22	13/02/2026 16:19:44	PUT	L	Loker Dibuka											
23	13/02/2026 16:23:34	PUT	S	Loker Dibuka											
24	13/02/2026 16:23:38	PUT	S	Barang Terdeteksi											
25	13/02/2026 16:24:31	PUT	M	Loker Dibuka											
26	13/02/2026 16:25:10	PUT	L	Loker Dibuka											

Lampiran 4. Tampilan HMI



Lampiran 5. Gambar Perangkat Loker Koper Pembayaran QRIS



Lampiran 6. Dokumentasi Pengambilan Data



09.05



Pembayaran QRIS



LOKER KOPER STORE NP - TEGAL

293403F31122

Rp1.000

Detail transaksi

Tanggal dan waktu

11 Mar 2026 • 16:24:34

Tipe transaksi

Pengeluaran

09.07



Pembayaran QRIS



LOKER KOPER STORE NP - TEGAL

298003FC6932

Rp1.000

Detail transaksi

Tanggal dan waktu

10 Mar 2026 • 17:58:05

Tipe transaksi

Pengeluaran

09.06



Pembayaran QRIS



LOKER KOPER STORE NP - TEGAL

290203EE1580

Rp1.000

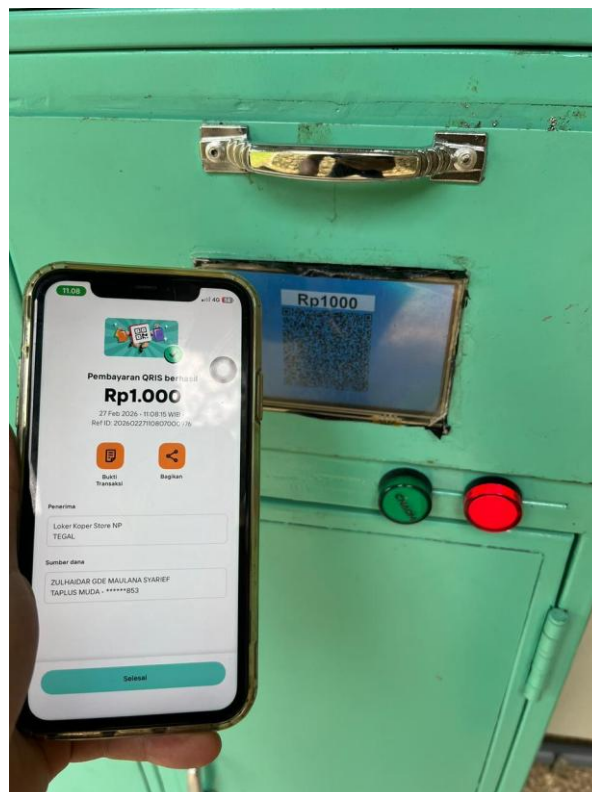
Detail transaksi

Tanggal dan waktu

11 Mar 2026 • 16:22:18

Tipe transaksi

Pengeluaran



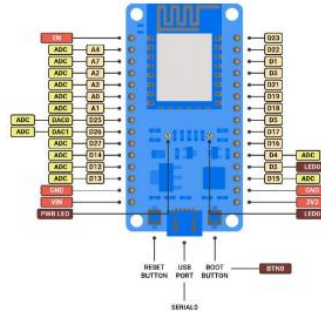
Lampiran 7. Datasheet ESP32



DOIT ESP32 DevKit v1



DO NOT USE D6 TO D8
PWM IS ENABLED ON EVERY DIGITAL PIN
ICU NOT SUPPORTED
ADC ON PINS D4, D12, D13, D14, D15, D26, D27
CAN BE READ ONLY WITH WI-FI NOT STARTED



More info about DOIT Esp32 DevKit v1 can be found [here](#).

Flash Layout

The internal flash of the ESP32 module is organized in a single flash area with pages of 4096 bytes each. The flash starts at address 0x00000, but many areas are reserved for Esp32 IDF SDK and Zerynth VM. There exist two different layouts based on the presence of BLE support.

In particular, for non-BLE VMs:

Start address	Size	Content
0x00009000	16Kb	Esp32 NVS area
0x0000D000	8Kb	Esp32 OTA data
0x0000F000	4Kb	Esp32 PHY data
0x00010000	1Mb	Zerynth VM
0x00110000	1Mb	Zerynth VM (FOTA)
0x00210000	512Kb	Zerynth Bytecode
0x00290000	512Kb	Zerynth Bytecode (FOTA)
0x00310000	512Kb	Free for user storage
0x00390000	448Kb	Reserved

Lampiran 8. Datasheet Sensor Ultrasonik HC-SR04



2.2 Product Image



HC-SR04

2.3. Module pin definitions

Types	Pin Symbol	Pin Function Description
HC-SR04	VCC	5V power supply
	Trig	Trigger pin
	Echo	Receive pin
	GND	Power ground

2.4. Electrical parameters

Electrical Parameters	HC-SR04 Ultrasonic Module
Operating Voltage	DC-5V
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHZ
Farthest Range	4m
Nearest Range	2cm
Measuring Angle	15 Degree
Input Trigger Signal	10us TTL pulse
Output Echo Signal	Output TTL level signal, proportional with range
Dimensions	45*20*15mm

Nextion 5.0" Intelligent Series HMI Touch Display

Nextion is a Human Machine Interface (HMI) solution combining an onboard processor and memory touch display with Nextion Editor software for HMI GUI project development.



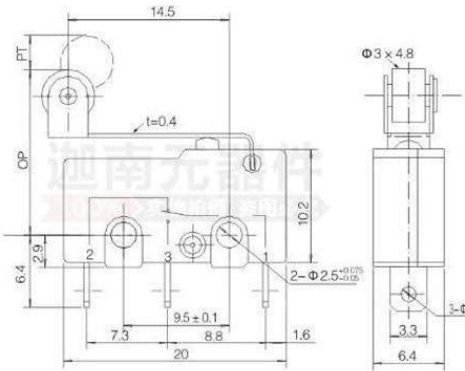
NX8048P050-011R/C Hardware Feature:

- 5.0" LCD-TFT Capacitive/Resistive HMI touch display module
- 800 x 480 screen resolution
- RGB 65K true-to-life colours
- Onboard 200MHz MCU
- 512 KB SRAM
- 128 MB Flash memory
- XH2.54 4 Pins (+5V, TX, RX, GND) TTL serial interface
- Built-in 1024 Byte EEPROM, RTC and 8 GPIOs

Lampiran 11. Datasheet Limit Switch KW12-3



动作力	OF max.	70g(0.7N)
回复力	RF min.	10g(0.1N)
预行程	PT max.	2.6mm
超行程	OT min.	0.8mm
差行程	MD max.	0.8mm
动作位置	OP	14.5 ± 0.5mm



性能参数 Specification

项 目	Item	参数值	Data
额定负荷	Rating load	5A/125VAC, 3A/250VAC	
操作速度	Operation speed	0.1mm-1m/s	
操作频率	Operation frequency	机 械	Mechanical
		电 气	Electrical
绝缘电阻	Insulation resistance	100mΩ 以上(Above) DC500V	
接触电阻	Contact resistance	30mΩ 初值(initial value)	
介质耐压	Withstand voltage	非 连 线	Non-connection wire
		各端子间	Every terminal
振 动	Vibration	误 动 作	Misoperation
冲 击	Impact	耐 久	Durable
		误 动 作	Misoperation
寿 命	Life	电 气	Electrical
		机 械	Mechanical
防护等级	Protection degree	IP40	
使用温度	Operating temperature	-25~+80℃	
使用湿度	Operating humidity	<85%	