

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

<b>No.</b>	<b>Test Scenario</b>	<b>Input / Condition</b>	<b>Expected System Process</b>	<b>Expected Result</b>	<b>Output / Indicator</b>
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	<i>Error (%)</i>
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%
Hidup		12 V	97.67%

M

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%.

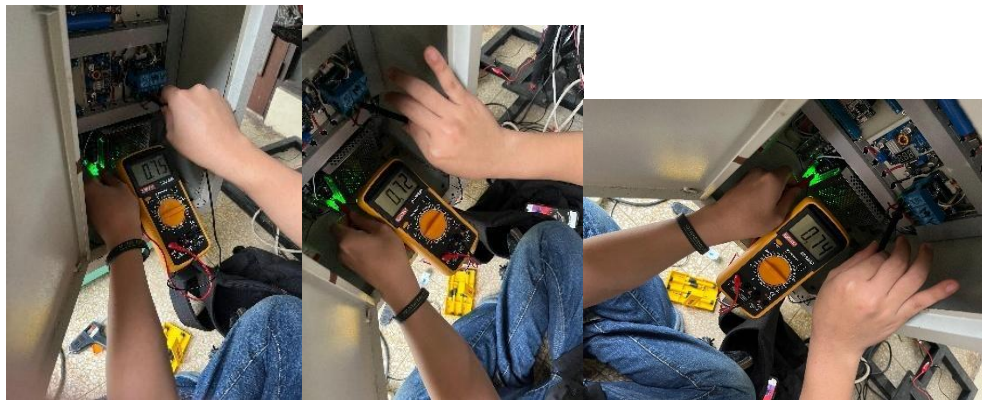
Persentase keberhasilan sistem berturut-turut sebesar 98,08% (S), 97,67% (M), dan 96,75% (L), dengan rata-rata 97,50%. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi daya dan kendali relay bekerja dengan baik serta masih dalam batas

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

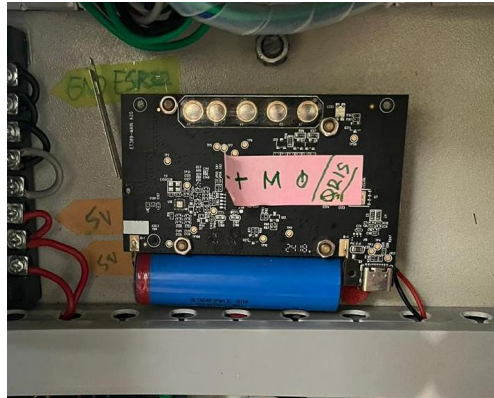


**Gambar 4. 2** Hasil Pengukuran Daya Solenoid Door Lock

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
------------------------	----	-----	------	---------------

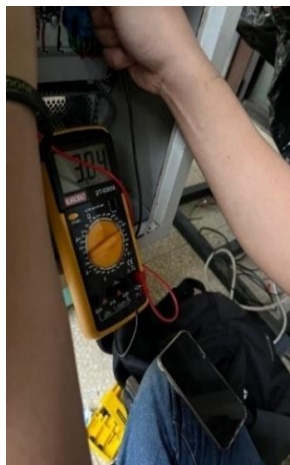
Berdasarkan tabel pengujian, sistem menunjukkan variasi waktu respon dalam mendeteksi pembayaran QRIS. Pada kondisi normal, sistem mampu mendeteksi pembayaran dalam waktu sekitar 7 detik dan langsung mengaktifkan solenoid untuk membuka loker. Namun, pada kondisi tertentu terjadi keterlambatan hingga 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.

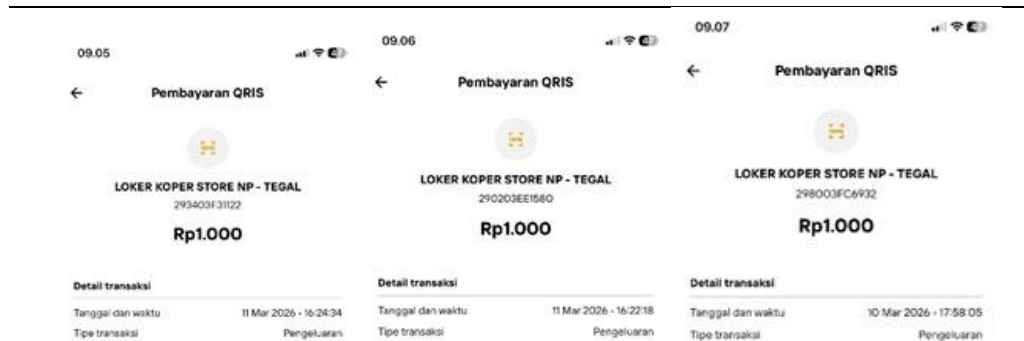
#### **4.3.5 Pengujian Respon Spreadsheet Terhadap Data**

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.

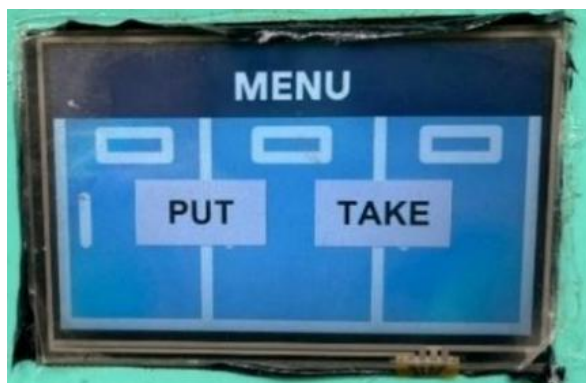


**Gambar 4. 9** Halaman login administrator ketika PIN yang dimasukkan salah.

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.

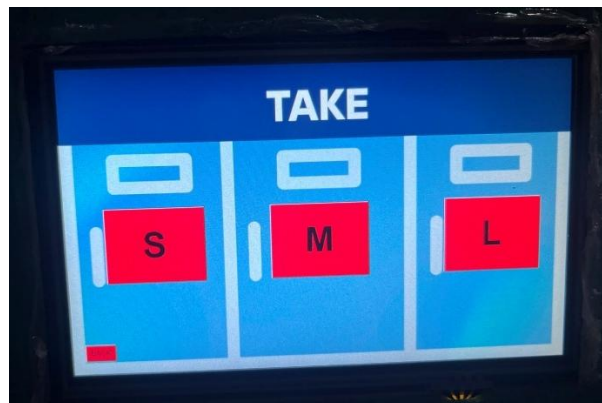
Ketika pengguna memilih loker yang tersedia, sistem akan mengaktifkan relay untuk membuka pintu melalui solenoid door lock. Setelah barang dimasukkan dan pintu ditutup, limit switch akan mendeteksi kondisi pintu dan sistem memperbarui status loker menjadi terisi. Selanjutnya, data status loker akan dikirim 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)

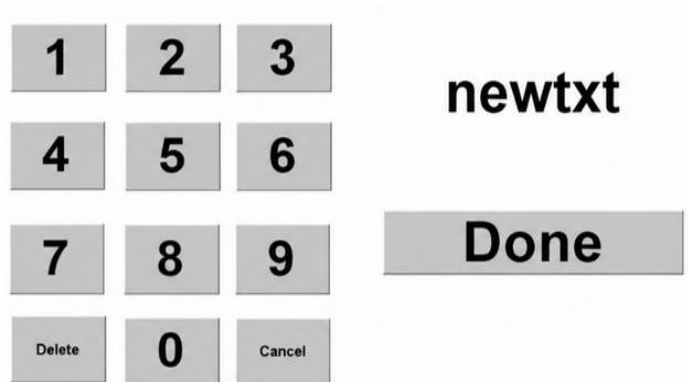
Pada mode TAKE, sistem menggunakan dua warna indikator pada tombol loker, yaitu merah dan hijau. Tombol berwarna merah menunjukkan bahwa di dalam loker masih terdapat koper sehingga loker dapat dipilih untuk proses pengambilan. Sebaliknya, tombol berwarna hijau menunjukkan bahwa loker dalam kondisi kosong 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	$\leq 25$ cm	ON	LOW	OFF	Limit switch mendeteksi pintu tertutup dan relay menonaktifkan solenoid sehingga pintu terkunci.
6	Mode TAKE dipilih	$\leq 25$ cm	ON	LOW	OFF	HMI menampilkan loker yang masih berisi koper dan siap dipilih.
7	PIN loker benar	$\leq 25$ cm	ON	LOW	OFF	Sistem memverifikasi PIN loker dan menampilkan halaman pembayaran QRIS
8	Pembayaran berhasil	$\leq 25$ 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	$\leq 25$ cm	ON	LOW	OFF	Sistem menolak penyimpanan karena loker telah berisi koper.
3	PIN loker yang dimasukkan salah	TAKE	$\leq 25$ cm	ON	LOW	OFF	HMI menampilkan informasi PIN SALAH dan proses pembayaran QRIS tidak dapat dilanjutkan.
4	Pembayaran QRIS belum berhasil	PUT	$\leq 25$ cm	ON	LOW	OFF	Pintu loker tetap terkunci karena sistem belum

---

							menerima sinyal HIGH dari QRIS SoundBox.
5	Pembayaran QRIS berhasil	TAKE	$\leq 25$ 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	$\leq 25$ 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