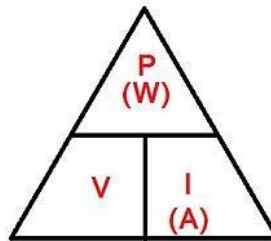


Tabel 2. 9 Spesifikasi Power Supply 12 VDC 10 A

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

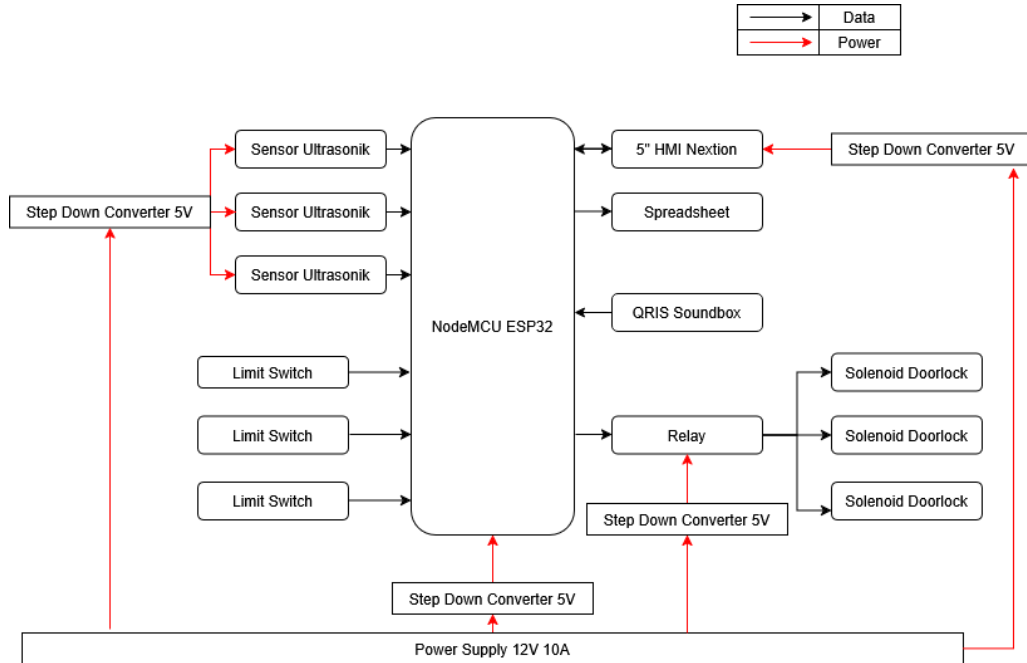
Daya listrik merupakan besaran yang menyatakan laju penggunaan atau perpindahan energi listrik dalam suatu rangkaian per satuan waktu, dengan satuan internasional berupa watt (W), di mana 1 watt setara dengan 1 joule per detik. Secara umum, daya listrik dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan arus yang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



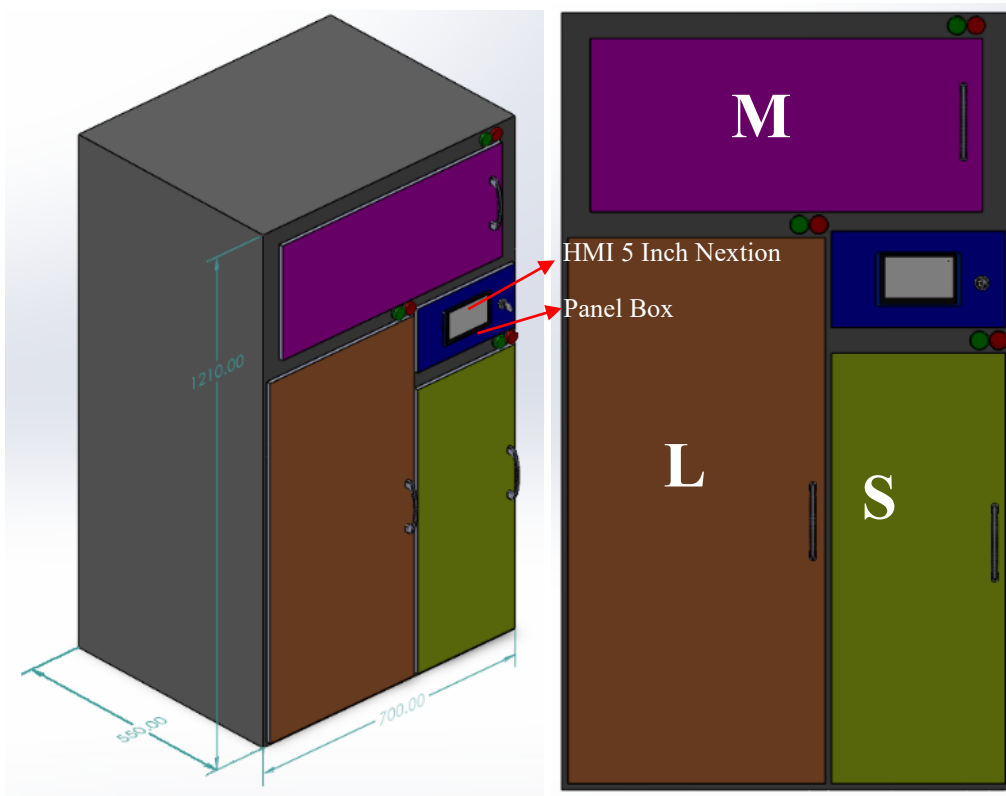
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem Smart Locker

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.

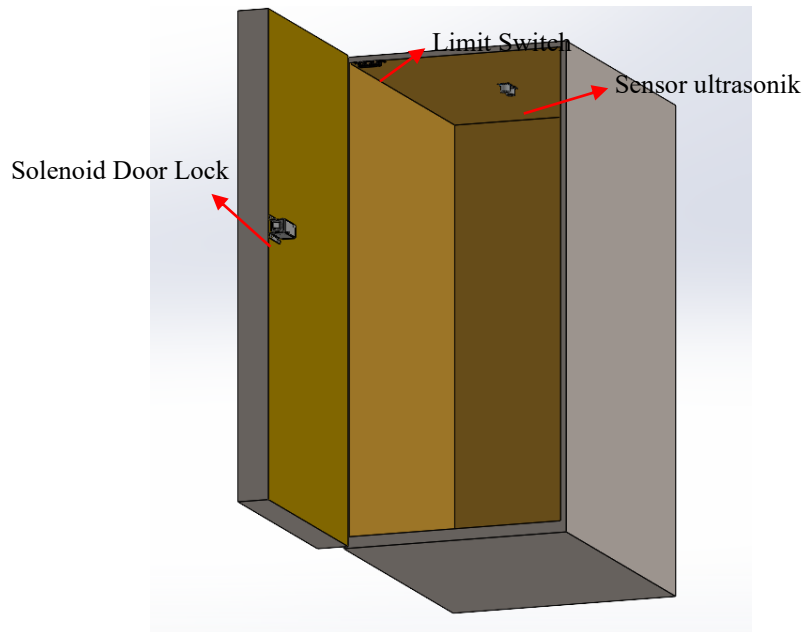
3.2 Gambar 3D



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:

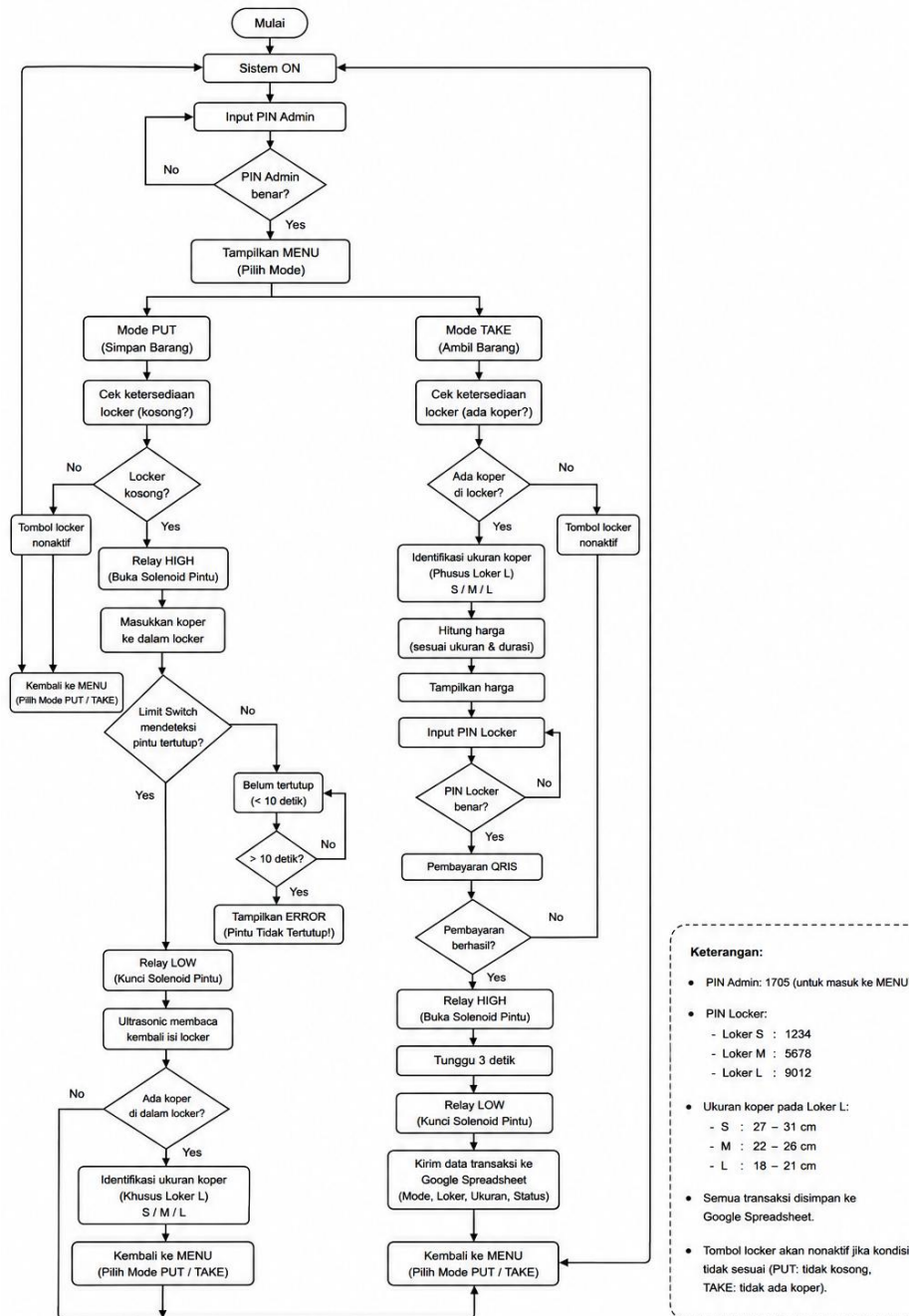
Tabel 3. 2 Status Output Pada Spreadsheet

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.

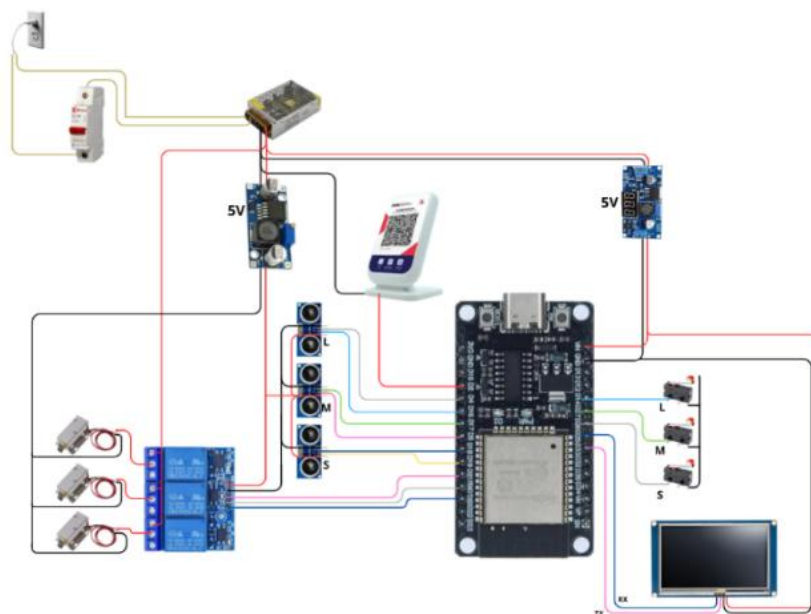
Pada mode PUT, sistem akan memeriksa kondisi setiap loker menggunakan sensor ultrasonik untuk mengetahui apakah loker masih kosong atau sudah terisi. Apabila loker masih kosong, tombol loker akan aktif sehingga pengguna dapat memilih loker yang akan digunakan. Selanjutnya ESP32 mengaktifkan relay dengan 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

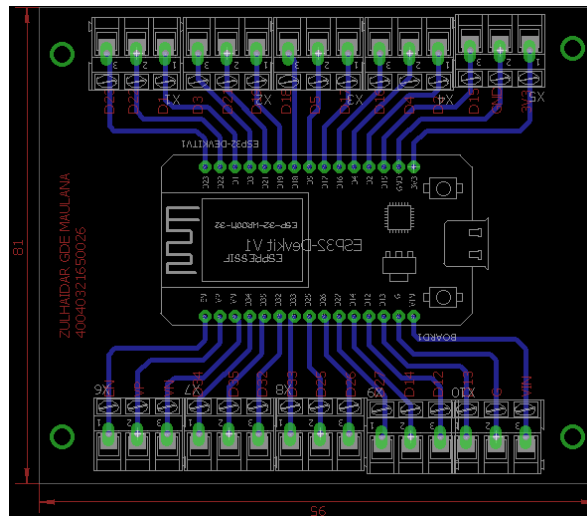
mendukung proses penyimpanan dan pengambilan koper secara otomatis. Tabel 3.3 menunjukkan konfigurasi pin input dan output yang digunakan pada ESP32 untuk menghubungkan seluruh perangkat pada sistem *smart locker*. Pemilihan pin dilakukan berdasarkan fungsi masing-masing komponen sehingga komunikasi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

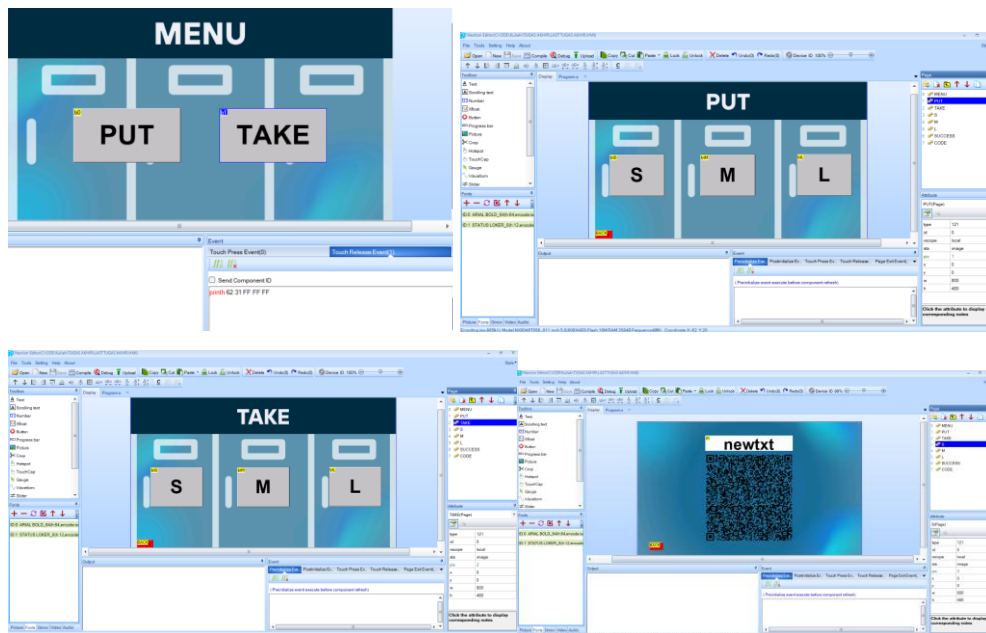
Pada halaman TAKE, HMI menampilkan seluruh loker yang masih berisi koper. Tombol loker yang masih memiliki barang ditampilkan dengan warna merah sebagai indikator bahwa loker dapat dipilih untuk proses pengambilan, sedangkan loker yang kosong ditampilkan dengan warna hijau sebagai indikator bahwa loker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

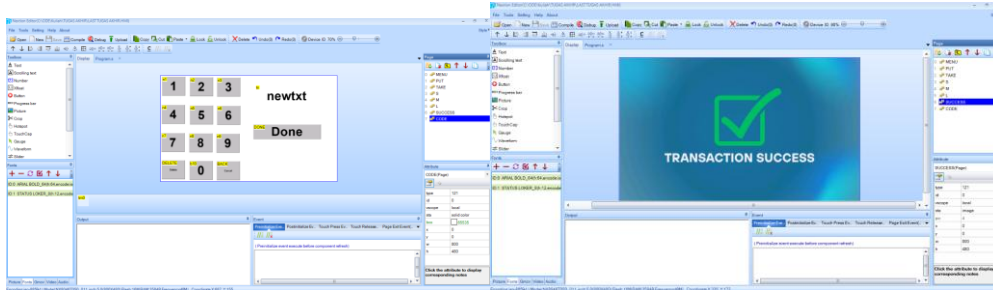
Setelah pengguna memilih loker pada mode TAKE, sistem akan menampilkan halaman Input PIN Locker sebagai proses autentikasi kepemilikan koper. Pengguna harus memasukkan PIN sesuai dengan PIN yang telah tersimpan pada sistem untuk masing-masing loker. Apabila PIN yang dimasukkan sesuai,

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.

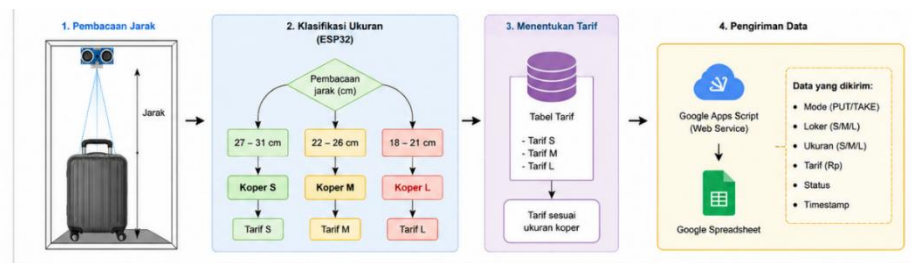
3.7 Perancangan Identifikasi Ukuran Koper pada Loker L

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.

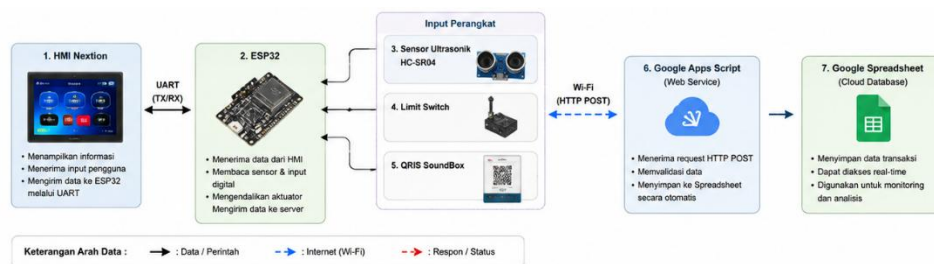
Data yang tersimpan pada Google Spreadsheet dimanfaatkan sebagai media monitoring sekaligus dokumentasi aktivitas sistem selama proses pengujian berlangsung. Informasi tersebut digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan setiap transaksi penyimpanan dan pengambilan koper, ketepatan identifikasi ukuran 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
1	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