

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 Otomatis Berbasis IoT Pemantauan Real-Time (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 Barang Penitipan Dengan	Sistem loker yang dikembangkan	Sistem ini tidak dilengkapi dengan

Pengaman Sidik Jari mengandalkan fitur IoT atau (Doni Marchelino autentikasi biometrik monitoring jarak jauh, Adji Pamungkas, berupa sidik jari untuk sehingga pengguna 2022) membuka dan mengunci tidak dapat memantau pintu loker. Sensor status loker secara fingerprint digunakan *real-time*, sensor sidik jari untuk mendaftarkan dan jari seringkali memverifikasi pengguna mengalami kegagalan secara lokal [7]. pembacaan ketika jari dalam kondisi basah, kotor, atau tidak tepat posisi. Penyimpanan data sidik jari terbatas (biasanya hanya 100–200 data)

3. Implementasi Loker sistem loker koper pintar Kekurangan utama Pintar Yang yang terintegrasi dengan dari sistem ini adalah Terintegrasi Dengan sistem pembayaran e- ketergantungan E-Money Berbasis money serta dikendalikan terhadap koneksi Internet of Things melalui *Internet of Things* internet, yang dapat (IoT) (Ivan Gina, (IoT). Pengguna dapat mengakibatkan 2023) memesan dan membuka penurunan kinerja jika loker menggunakan jarak antara perangkat aplikasi mobile, serta dengan access point melakukan pembayaran terlalu jauh. non-tunai melalui platform e-money. Sistem dilengkapi dengan *magnetic switch* sebagai sensor keamanan untuk mendeteksi status pintu loker. Data disimpan

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].

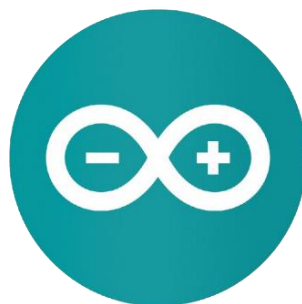
2.2.6 Spreadsheet

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

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 m x 26 mm x 11,5 mm

2.2.9 Nextion NX8048T050



Gambar 2. 4 Nextion NX8048T050

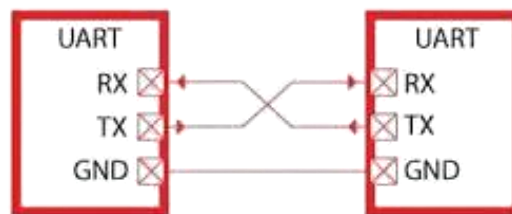
Human Machine Interface (HMI) adalah antarmuka yang memungkinkan interaksi antara manusia dan mesin atau sistem. Dalam konteks otomasi dan sistem tertanam, HMI berfungsi sebagai media untuk memantau dan mengendalikan proses melalui tampilan visual dan input pengguna. Penggunaan HMI meningkatkan efisiensi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

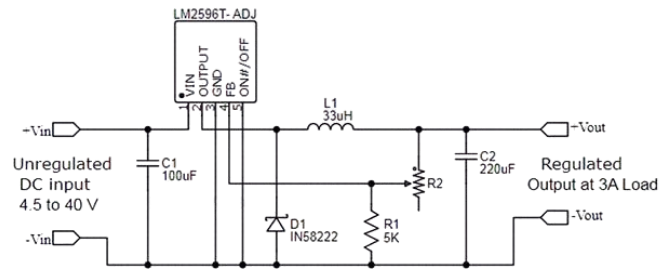
Pada Tabel 2.5 menunjukkan spesifikasi dari sensor ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini. Sensor ini bekerja pada tegangan operasi 5 Volt dengan arus sebesar 15 mA, sehingga sangat cocok digunakan bersama mikrokontroler. Sensor ini beroperasi pada frekuensi 40 kHz, yang merupakan frekuensi umum 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].



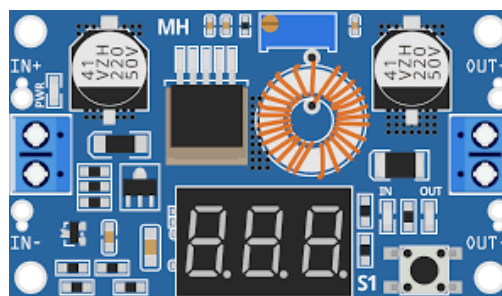
Gambar 2. 10 Skematik Step-Down LM2956

Tabel 2. 6 Spesifikasi Step-Down LM2956

Spesifikasi Step-Down LM2956	
Input Tegangan	4 – 40 V
Output 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 LM2956, 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

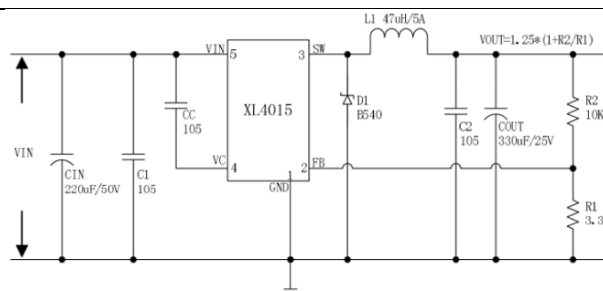


Gambar 2. 11 Step-Down XL4015

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

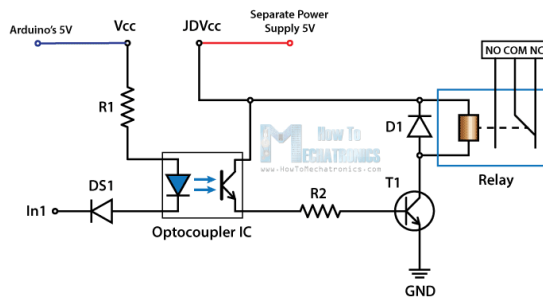
Relay adalah saklar elektromekanis yang bekerja dengan prinsip elektromagnetik, yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik bertegangan tinggi menggunakan sinyal bertegangan rendah. Ketika arus listrik mengalir melalui koil di dalam relay, medan magnet yang dihasilkan menarik saklar internal untuk 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

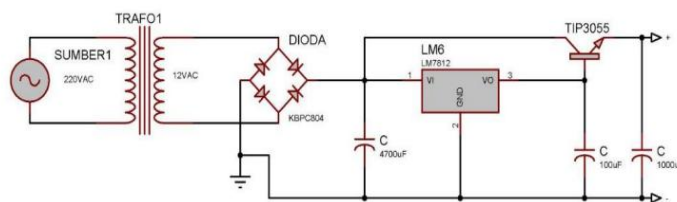
Modul relay 3 channel adalah solusi praktis untuk menghubungkan sistem kendali digital seperti mikrokontroler dengan perangkat elektronik bertegangan tinggi. Dengan karakteristik elektromekanisnya, sistem ini banyak digunakan dalam dunia industri dan otomasi rumah karena keandalan serta kemudahan penggunaannya.

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 perubahan 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.