

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Internet of Things (IoT)

2.1.1 Pengertian IoT

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung ke jaringan internet sehingga dapat bertukar data, berinteraksi, serta menjalankan fungsi tertentu secara otomatis. Melalui penerapan IoT, perangkat yang awalnya tidak memiliki kemampuan komunikasi digital dapat beroperasi secara terintegrasi, cerdas, dan dapat dikendalikan dari jarak jauh. Keberadaan teknologi ini mendukung efisiensi kerja karena sistem mampu merespons kondisi secara *real-time* tanpa intervensi langsung dari pengguna.

Menurut (Lasera & Wahyudi, 2020), IoT adalah pengembangan teknologi jaringan yang memungkinkan objek di kehidupan sehari-hari saling terhubung dan berkomunikasi melalui internet. Penerapan teknologi ini tidak hanya terbatas pada perangkat elektronik, tetapi juga mencakup sektor industri, transportasi, pertanian, hingga rumah pintar (*smart home*). Pada sistem rumah pintar, pengguna dapat mengendalikan perangkat seperti lampu atau peralatan listrik melalui smartphone kapan pun dan di mana pun.

Secara umum, arsitektur IoT terdiri dari tiga lapisan utama, yakni lapisan perangkat (*device layer*), lapisan jaringan (*network layer*), dan lapisan aplikasi (*application layer*). Lapisan perangkat berfungsi mengumpulkan data melalui sensor atau aktuator, sementara lapisan jaringan bertugas mengirimkan data

menggunakan protokol komunikasi tertentu. Adapun lapisan aplikasi berperan sebagai antarmuka antara pengguna dan sistem melalui platform berbasis web atau aplikasi mobile.

Meskipun memberikan kemudahan, penerapan IoT juga menghadapi sejumlah tantangan, seperti keamanan data, kestabilan jaringan, serta efisiensi konsumsi energi perangkat. Oleh karena itu, sistem IoT perlu dirancang dengan mekanisme yang andal agar mampu bekerja stabil sekaligus tetap menjaga kenyamanan pengguna (Hafsari et al., 2025).

Dalam penelitian ini, konsep IoT digunakan untuk merancang sistem otomatisasi lampu berbasis mikrokontroler ESP32 yang dapat dikendalikan melalui aplikasi *WhatsApp*. Melalui pengiriman pesan perintah, pengguna dapat menyalakan atau mematikan lampu dari jarak jauh. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan energi serta mendukung penerapan teknologi rumah pintar yang sederhana dan mudah digunakan.

2.1.2 Prinsip Kerja IoT

Prinsip kerja *Internet of Things* (IoT) berawal dari kemampuan perangkat elektronik untuk saling berkomunikasi melalui jaringan tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Setiap perangkat, seperti sensor, aktuator, dan mikrokontroler, berperan penting dalam membentuk suatu ekosistem yang terhubung sehingga mampu mengumpulkan, mengirim, dan mengolah data secara otomatis. Melalui mekanisme tersebut, sistem IoT dapat mengambil keputusan atau memberikan respons berdasarkan informasi yang diperoleh secara *real-time*.

Secara umum, IoT terdiri dari tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah proses pengumpulan data, di mana sensor mendeteksi kondisi lingkungan seperti suhu, cahaya, atau gerakan, kemudian mengubahnya menjadi data digital. Tahap kedua adalah transmisi data, yaitu proses pengiriman informasi melalui media komunikasi seperti Wi-Fi, *Bluetooth*, atau LoRa menuju perangkat penerima atau server. Tahap ketiga adalah pemrosesan data dan pemberian tindakan, di mana data yang diterima diolah untuk menghasilkan respons tertentu, misalnya menyalakan lampu saat kondisi gelap atau mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi (Syahfitri, 2025).

Selain tahapan kerja tersebut, sistem IoT juga tersusun atas beberapa komponen penting, yaitu perangkat keras, jaringan komunikasi, dan perangkat lunak pengendali. Perangkat keras berfungsi untuk membaca dan mengumpulkan data dari lingkungan sekitar, jaringan komunikasi berperan sebagai media penghubung antar perangkat, sedangkan perangkat lunak bertugas mengolah data serta menampilkan hasilnya kepada pengguna dalam bentuk antarmuka yang mudah dipahami.

Dalam konteks sistem otomasi lampu, prinsip kerja IoT diterapkan dengan cara data dari sensor atau perintah pengguna dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali. Selanjutnya, data tersebut diteruskan melalui modul LoRa sebagai media komunikasi jarak jauh menuju perangkat penerima yang berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan lampu sesuai dengan instruksi yang diberikan. Proses ini berjalan secara otomatis dan dapat diakses melalui aplikasi pesan *WhatsApp* sebagai antarmuka kendali yang sederhana.

Dengan prinsip kerja tersebut, penerapan IoT tidak hanya memungkinkan otomatisasi perangkat, tetapi juga mampu meningkatkan efisiensi energi, mengurangi intervensi manual, serta mendukung terciptanya lingkungan yang lebih cerdas dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

2.1.3 Penerapan IoT pada Sistem Otomasi

Pada era digital yang semakin maju, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah meluas ke berbagai sektor, termasuk sistem otomasi rumah dan perangkat rumah tangga. IoT memungkinkan perangkat fisik seperti lampu, kipas, pengatur suhu, pintu otomatis, hingga sistem keamanan saling terhubung dan dikendalikan melalui jaringan internet. Satu contoh nyata adalah penerapan *smart home*, di mana pengguna dapat memantau serta mengontrol perangkat rumah melalui aplikasi pada smartphone (Hakim & Stefanie, 2023).

Dalam sistem otomasi berbasis IoT, perangkat biasanya dilengkapi dengan modul komunikasi, mikrokontroler dan aktuator sehingga kondisi lingkungan atau perintah pengguna dapat diterjemahkan menjadi aksi nyata. Sebagai contoh, sistem yang dirancang untuk rumah kos di Medan menggunakan sensor arus listrik serta aplikasi Android untuk mengontrol konsumsi listrik dan lampu secara *real-time* (Mariance et al., 2023). Penerapan ini menunjukkan bahwa IoT tidak hanya meningkatkan kenyamanan tetapi juga mendukung efisiensi energi.

Untuk skala rumah tangga, penerapan IoT sering melibatkan integrasi antara sensor atau antarmuka pengguna, mikrokontroler seperti ESP32 atau NodeMCU, serta aktuator berupa relay atau saklar pintar. Sistem ini dapat diakses melalui aplikasi mobile, pesan instan atau platform cloud, sehingga memungkinkan kontrol

jarak jauh dan otomatisasi berdasarkan kondisi yang telah (Rozzi et al., 2025). Sebagai contoh proyek di Indonesia, penggunaan sistem *smart home* berbasis IoT yang memantau suhu ruangan dan kendaraan sekaligus mengendalikan lampu berhasil dikembangkan dengan respons yang tinggi dan biaya yang relatif terjangkau.

Meskipun demikian, penerapan IoT dalam otomasi sistem rumah juga menghadapi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur jaringan, kompatibilitas antar perangkat, serta aspek keamanan data. Oleh karena itu, sistem otomasi yang dikembangkan dalam penelitian ini akan difokuskan pada pengendalian lampu melalui aplikasi pesan instan menggunakan LoRa sebagai media komunikasi jarak jauh, sehingga tetap mengedepankan kemudahan implementasi dan efisiensi operasional.

2.2 Komunikasi LoRa (Long Range)

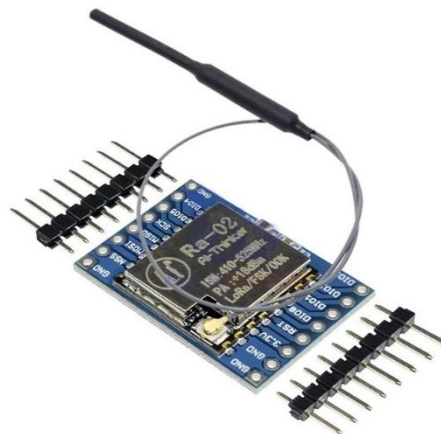
2.2.1 Pengertian LoRa

LoRa (*Long Range*) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang untuk mengirimkan data jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah. Teknologi ini menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) sehingga mampu menjaga kestabilan sinyal meskipun terjadi interferensi atau jarak transmisi cukup jauh. Karakteristik inilah yang membuat LoRa sangat ideal digunakan pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), khususnya perangkat yang membutuhkan operasi hemat energi dan jangkauan luas.

Dalam jaringan IoT, LoRa menjadi salah satu solusi paling efisien untuk perangkat yang hanya memerlukan pengiriman data berukuran kecil namun

dilakukan secara berkala, seperti sensor lingkungan, sistem kontrol lampu otomatis, hingga pemantauan aset jarak jauh. Di Indonesia, implementasi LoRa banyak menggunakan pita frekuensi 920–923 MHz, sebagaimana digunakan dalam berbagai penelitian dan uji coba sistem IoT (Andre et al., 2022).

Dengan kemampuan jangkauan komunikasi yang panjang, konsumsi daya yang rendah, serta ketahanan terhadap hambatan fisik, LoRa menjadi salah satu teknologi kunci dalam pengembangan berbagai sistem cerdas (*smart system*) baik pada skala rumah tangga maupun industri.



Gambar 2.1 LoRa SX1278

2.2.2 Karakteristik Umum Modul LoRa SX1278

Modul LoRa SX1278 merupakan perangkat *transceiver* nirkabel yang dirancang untuk mendukung komunikasi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah. Modul ini banyak digunakan pada sistem *Internet of Things* (IoT) karena mampu mengirimkan data berukuran kecil secara andal dalam jarak yang relatif jauh, sehingga sesuai untuk aplikasi pemantauan dan pengendalian jarak jauh.

SX1278 menggunakan teknik modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) yang memungkinkan transmisi data dengan sensitivitas penerimaan yang tinggi serta ketahanan terhadap interferensi. Modul ini umumnya beroperasi pada pita *frekuensi* 433 MHz yang banyak digunakan di wilayah Asia, termasuk Indonesia, karena memiliki kemampuan penetrasi sinyal yang baik terhadap hambatan fisik seperti tembok atau vegetasi.

Berdasarkan spesifikasi teknis, SX1278 memiliki sensitivitas penerimaan hingga -148 dBm dan mendukung daya pancar maksimum hingga $+20$ dBm dalam kondisi ideal. Karakteristik tersebut memungkinkan modul ini menjangkau area komunikasi yang luas dengan konsumsi daya yang relatif rendah, sehingga cocok digunakan pada perangkat IoT yang bekerja dalam waktu lama (Semtech Corporation, 2020).

Selain karakteristik komunikasi, modul SX1278 juga memiliki karakteristik integrasi yang baik dengan mikrokontroler. Modul ini mendukung antarmuka komunikasi SPI yang memudahkan integrasi dengan berbagai mikrokontroler, seperti ESP32 dan Arduino, sehingga sesuai digunakan dalam sistem IoT yang memerlukan komunikasi jarak jauh.

2.2.3 Model Komunikasi LoRa Point-to-Point

Model komunikasi LoRa dapat diterapkan menggunakan skema *point-to-point*, yaitu komunikasi langsung antara dua perangkat tanpa melibatkan gateway jaringan LoRaWAN. Pada skema ini, data dikirimkan secara langsung dari perangkat pengirim ke perangkat penerima melalui modul LoRa. Skema komunikasi ini sesuai untuk sistem otomasi berskala kecil yang membutuhkan

pengendalian jarak jauh dengan konsumsi daya rendah serta konfigurasi yang sederhana.

Sistem komunikasi *point-to-point* terdiri atas dua node utama, yaitu *node* pengirim dan *node* penerima. Node pengirim menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke jaringan internet dan berfungsi sebagai penghubung antara aplikasi *WhatsApp* dan sistem komunikasi LoRa. Perintah pengendalian yang diterima melalui *WhatsApp* kemudian diteruskan ke *node* penerima melalui modul LoRa SX1278 sebagai media komunikasi jarak jauh.

Node penerima juga menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan modul LoRa SX1278 dan berfungsi untuk menerima data dari *node* pengirim. Data yang diterima selanjutnya diproses untuk mengendalikan modul relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik pada lampu. Dengan menggunakan komunikasi LoRa secara *point-to-point*, proses transmisi data dapat dilakukan secara langsung tanpa memerlukan infrastruktur jaringan LoRa tambahan, sehingga sistem menjadi lebih efisien, stabil, dan mudah diimplementasikan (Semtech Corporation, 2020).

2.3 Mikrokontroler ESP32

2.3.1 Pengertian ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dirancang untuk mendukung pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini banyak digunakan sebagai pengendali utama pada berbagai aplikasi otomasi, pemantauan, dan kendali jarak jauh.

ESP32 dilengkapi dengan prosesor dual-core serta mendukung komunikasi nirkabel, seperti Wi-Fi dan Bluetooth, dalam satu chip. Selain itu, ESP32 menyediakan berbagai antarmuka input dan output, antara lain UART, SPI, I2C, ADC, DAC, dan PWM, sehingga memudahkan integrasi dengan sensor, aktuator, maupun modul pendukung lainnya.

Dengan konsumsi daya yang relatif rendah serta kemampuan komunikasi dan pengendalian yang terintegrasi, ESP32 menjadi salah satu mikrokontroler yang banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sistem IoT, termasuk pada sistem energi terbarukan berbasis PLTS (Wenno et al., 2025).



Gambar 2.2 ESP 32

2.3.2 Penggunaan ESP32 pada Sistem IoT

ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam sistem *Internet of Things* (IoT) karena kemampuannya mengintegrasikan konektivitas nirkabel, pemrosesan data, dan pengendalian perangkat dalam satu modul berdaya rendah. Dengan dukungan Wi-Fi serta kemampuan untuk mengimplementasikan protokol komunikasi seperti MQTT, ESP32 memungkinkan pengiriman data sensor

secara *real-time* ke *server* atau *platform cloud*. Penelitian oleh (Austin et al., 2023), menunjukkan bahwa ESP32 dapat digunakan secara efektif untuk pemantauan suhu jarak jauh berbasis MQTT melalui layanan AWS, yang menegaskan keandalannya pada aplikasi monitoring IoT skala kecil hingga menengah.

Selain untuk monitoring, ESP32 juga banyak diterapkan pada sistem otomasi rumah (*smart home*). (Hafsari et al., 2025), mengembangkan sistem kendali lampu otomatis berbasis ESP32 yang diintegrasikan dengan aplikasi *Blynk* sehingga perangkat dapat dikendalikan melalui *smartphone*. Penelitian tersebut membuktikan bahwa ESP32 tidak hanya mendukung integrasi perangkat keras dan jaringan, tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam implementasi aplikasi berbasis cloud maupun lokal. Kombinasi kemampuan pemrograman, konektivitas nirkabel, dan efisiensi konsumsi daya menjadikan ESP32 sebagai salah satu platform utama dalam pengembangan teknologi IoT modern.

2.4 Modul Relay

2.4.1 Pengertian dan Prinsip Kerja Relay

Relay adalah sebuah saklar elektromekanis atau elektronik yang diaktifkan oleh sinyal listrik berarus kecil untuk mengendalikan rangkaian listrik dengan tegangan atau arus yang lebih besar. Mekanisme kerja relay umumnya terdiri dari kumparan (*coil*) yang ketika dialiri arus akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet tersebut berfungsi untuk menarik atau melepaskan armatur sehingga kontak saklar dapat membuka atau menutup rangkaian listrik. Dengan mekanisme ini, sistem kontrol dapat menggunakan sinyal logika untuk mengendalikan perangkat berdaya tinggi tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung.

Selain relay elektromekanis, terdapat juga *solid-state relay* (SSR) yang menggunakan unsur semikonduktor sebagai media *switching*, sehingga tidak memiliki bagian mekanis yang bergerak dan lebih tahan terhadap getaran serta memiliki umur pakai yang lebih panjang. Meskipun demikian, pada banyak sistem otomasi rumahan dan sistem berbasis mikrokontroler seperti ESP32 atau NodeMCU, relay elektromekanis masih lebih sering digunakan karena biaya yang relatif rendah serta kemudahan dalam integrasi dengan rangkaian kontrol.

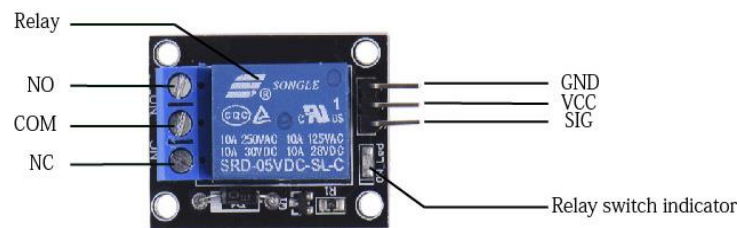
Secara umum, prinsip kerja relay dalam sistem otomasi dapat dijelaskan melalui tiga tahap, yaitu:

1. Sinyal kontrol diterima oleh kumparan relay dari mikrokontroler.
2. Kumparan menghasilkan gaya magnet yang menggerakkan armatur untuk menyambung atau memutus kontak rangkaian beban.
3. Kontak beban terhubung atau terputus sesuai dengan kondisi kontrol, sehingga perangkat seperti lampu atau peralatan listrik lainnya dapat dinyalakan atau dimatikan.

Mekanisme kerja relay secara umum melibatkan tiga komponen utama, yaitu kumparan (*coil*), armatur (*armature*), serta kontak *Normally Open* (NO) dan *Normally Closed* (NC). Saat kumparan dialiri arus listrik, medan magnet yang terbentuk akan menarik armatur sehingga mengubah posisi kontak dari NC ke NO atau sebaliknya. Dengan demikian, relay dapat berfungsi sebagai pengendali arus dan tegangan yang lebih besar menggunakan sinyal kontrol berarus rendah.

Penggunaan relay memungkinkan sistem bekerja dengan tingkat keamanan yang lebih baik karena mampu memisahkan rangkaian bertegangan rendah pada

sistem kontrol dengan rangkaian bertegangan tinggi pada perangkat beban. Oleh karena itu, relay memegang peranan penting dalam perancangan sistem otomasi dan proteksi perangkat elektronik, terutama dalam menjaga keandalan dan keselamatan sistem kelistrikan secara keseluruhan (Mardiana et al., 2024).



Gambar 2.3 Relay 1 Channel

2.4.2 Implementasi Relay dalam Sistem Otomasi Lampu

Dalam sistem otomasi lampu rumah, relay berfungsi sebagai aktuator utama yang menghubungkan sinyal kontrol dari mikrokontroler ke lampu bertegangan tinggi, misalnya 220 V. Mikrokontroler mengirimkan sinyal logika (*HIGH* atau *LOW*) ke input relay, sehingga relay menutup atau membuka rangkaian listrik lampu sesuai perintah. Dengan integrasi jaringan, baik melalui *Internet of Things* (IoT) maupun komunikasi antar-perangkat seperti LoRa, pengguna dapat menyalakan atau mematikan lampu dari jarak jauh menggunakan antarmuka berbasis aplikasi atau web.

Penelitian oleh (Ngalimin et al., 2023), menunjukkan bahwa sistem otomasi penerangan berbasis IoT menggunakan modul relay dapat menghemat konsumsi energi dan mengurangi intervensi manual pengguna. Mikrokontroler membaca status lingkungan atau perintah dari aplikasi, kemudian mengaktifkan relay untuk mengontrol lampu secara otomatis.

Selain itu, (Daulay et al., 2025), membuktikan bahwa kombinasi mikrokontroler dan relay dapat mengontrol nyala-mati lampu secara otomatis berdasarkan input tertentu, menunjukkan bahwa relay adalah komponen yang efektif dan andal untuk pengendalian aktuator dalam sistem otomasi lampu. Dengan demikian, relay tidak hanya mengikuti prinsip kerja dasar sebagai pengendali arus, tetapi juga memungkinkan implementasi kendali jarak jauh dan integrasi dengan sistem IoT modern.

2.5 WhatsApp API / WhatsApp Gateway

2.5.1 Pengertian WhatsApp Gateway

WhatsApp Gateway merupakan sistem atau layanan yang memungkinkan pengguna berkomunikasi antara aplikasi atau perangkat dengan platform *WhatsApp* melalui antarmuka pemrograman aplikasi (API), sehingga pesan dari sistem eksternal dapat dikirim dan diterima secara otomatis melalui jaringan *WhatsApp*.

Dalam konteks otomasi berbasis *Internet of Things* (IoT), layanan ini banyak dimanfaatkan untuk mengirim perintah, notifikasi, atau informasi status perangkat tanpa memerlukan aplikasi tambahan, sebab *WhatsApp* sudah menjadi media komunikasi yang umum digunakan. Keunggulan utama penggunaan *WhatsApp Gateway* adalah kemudahannya diintegrasikan ke berbagai sistem karena pengguna telah familiar dengan *WhatsApp*, sehingga perintah seperti “Hidupkan Lampu” atau “Matikan Lampu” dapat dikirim langsung ke mikrokontroler yang terhubung ke internet, kemudian diproses dan dijalankan secara otomatis sesuai logika pemrograman yang telah ditentukan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Mu'minin et al., 2023), penerapan *WhatsApp Gateway* berbasis web sebagai media informasi terbukti meningkatkan efisiensi penyampaian pesan dan mempercepat respons pengguna karena memanfaatkan *WhatsApp* sebagai sarana komunikasi *real-time* yang mudah diakses.



Gambar 2.4 Icon WhatsApp

2.5.2 Integrasi WhatsApp dengan ESP32

Integrasi antara *WhatsApp* dan mikrokontroler ESP32 dilakukan dengan menghubungkan ESP32 ke jaringan internet dan memanfaatkan layanan API *Gateway* seperti *CallMeBot* atau *Twilio*. Layanan tersebut berfungsi sebagai perantara antara *platform WhatsApp* dan sistem IoT, sehingga pesan yang dikirim oleh pengguna melalui *WhatsApp* dapat diteruskan dalam bentuk permintaan HTTP ke layanan web atau API yang kemudian diakses oleh ESP32.

Setelah pesan diterima, ESP32 akan memproses instruksi yang dikirim dan mengeksekusi aksi sesuai perintah, seperti menyalakan atau mematikan relay yang terhubung ke lampu. Selain itu, ESP32 juga dapat mengirimkan informasi balik kepada pengguna melalui API yang sama, misalnya status lampu “ON” atau “OFF”.

Kemampuan ESP32 dalam menerima perintah melalui jaringan internet dan melakukan kontrol perangkat secara real-time telah dibuktikan oleh penelitian (Hamka et al., 2025), yang menunjukkan bahwa ESP32 mampu merespons instruksi berbasis *cloud* untuk mengendalikan lampu secara stabil dan responsif dalam sistem IoT.

2.6 Penelitian Terdahulu

2.6.1 Kajian Hasil Penelitian Sebelumnya tentang IoT

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa teknologi *Internet of Things* (IoT) telah banyak diterapkan dalam berbagai sistem otomasi, baik pada lingkungan rumah tangga maupun sektor industri. Penelitian yang dilakukan oleh (Agtyaputra et al., 2024), membahas penerapan IoT pada sistem informasi perumahan dan menyimpulkan bahwa keberhasilan implementasi IoT sangat dipengaruhi oleh kemudahan integrasi perangkat serta kebutuhan otomatisasi yang tinggi. Penelitian tersebut menegaskan bahwa pemanfaatan perangkat IoT seperti sensor, mikrokontroler, dan platform komunikasi digital mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan rumah.

Selain itu, (Fatoni et al., 2025), mengembangkan sistem monitoring agrikultur berbasis IoT dengan komunikasi LoRa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi LoRa memiliki keunggulan dalam hal jangkauan komunikasi yang luas serta konsumsi daya yang rendah. Konsep ini relevan dengan penelitian otomasi lampu berbasis IoT, khususnya pada sistem yang membutuhkan komunikasi jarak jauh antarperangkat tanpa ketergantungan pada jaringan Wi-Fi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi IoT, LoRa, serta mikrokontroler seperti ESP32 memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam sistem otomasi. Penelitian-penelitian terdahulu tersebut menjadi dasar dalam pengembangan sistem otomasi lampu berbasis IoT pada penelitian ini, khususnya dalam pemilihan teknologi komunikasi dan pengendalian perangkat secara jarak jauh melalui antarmuka pengguna yang mudah diakses.

2.6.2 Perbandingan dan Analisis terhadap Penelitian Terdahulu

Perbandingan terhadap penelitian terdahulu dilakukan untuk mengetahui posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan. Analisis ini mencakup aspek teknologi yang digunakan, pendekatan sistem, serta hasil yang diperoleh, sehingga dapat terlihat kontribusi dan kebaruan dari penelitian yang dilakukan

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian IoT, LoRa, dan Antarmuka Pengguna

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Teknologi yang Digunakan	Hasil Utama
1	(Hutajulu et al., 2023)	Pemanfaatan Jaringan Komunikasi Lora Berbasis Iot Dalam Sistem Deteksi Kebakaran Dini	LoRa, Sensor asap & suhu, Thingsboard Platform	Sistem pendeteksi kebakaran dengan LoRa dapat menjangkau 110 m dalam kondisi eksperimental.
2	(SRG et al., 2025)	Implementasi Sistem Monitoring ketersediaan Ruang kelas Teknik Telekomunikasi Berbasis Komunikasi LoRa (Long Range)	LoRa RFM95W, ESP32, MIT App Inventor	LoRa berhasil memantau status ruang kelas secara real-time dengan antarmuka Android

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Teknologi yang Digunakan	Hasil Utama
3	(Fatoni et al., 2025)	Rancang Bangun Sistem Monitoring Agrikultur Berbasis Long Range (LoRa) dan Internet of Things (IoT)	LoRa, Wemos D1 Mini, DHT11, sensor tanah & angin	Sistem berhasil memantau suhu, kelembapan tanah, dan kecepatan angin secara real-time; jangkauan LoRa efektif hingga 200 m terhalang dan 300 m tanpa hambatan
4	(Ilham et al., 2025)	Prototype Design and Development of an IoT-Enabled Monitoring and Control System for Public Street Lighting	LoRa, MQTT, IoT	Sistem LoRa dengan MQTT dapat memonitor dan mengendalikan lampu jalan umum secara IoT, meningkatkan efisiensi pemantauan daya dan status lampu

Berdasarkan Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan beragam penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan komunikasi LoRa sebagai media transmisi data jarak jauh. Penelitian oleh (Hutajulu et al., 2023), (SRG et al., 2025), (Fatoni et al., 2025), menegaskan bahwa teknologi LoRa memiliki keunggulan dalam hal jangkauan komunikasi yang luas dan konsumsi daya yang rendah, sehingga cocok diterapkan pada sistem monitoring dan otomasi yang tidak bergantung pada jaringan internet berbasis Wi-Fi atau seluler.

Selain itu, penelitian (Ilham et al., 2025), menunjukkan bahwa integrasi LoRa dengan protokol MQTT mampu meningkatkan efektivitas sistem pemantauan dan

pengendalian penerangan jalan umum berbasis IoT. Hal ini membuktikan bahwa LoRa tidak hanya efektif untuk sistem monitoring, tetapi juga dapat diimplementasikan pada sistem kendali jarak jauh secara andal.

Berdasarkan perbandingan tersebut, penelitian ini menempatkan diri dengan mengombinasikan teknologi IoT, mikrokontroler ESP32, komunikasi jarak jauh berbasis LoRa, serta antarmuka pengguna berbasis aplikasi pesan instan. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan sistem otomasi lampu yang lebih fleksibel, mudah diakses oleh pengguna, serta sesuai dengan kebutuhan sistem kendali jarak jauh pada lingkungan modern.

2.7 Kerangka Teori

2.7.1 Integrasi IoT, LoRa, dan WhatsApp dalam Otomasi Lampu

Pada sistem otomasi lampu yang dikembangkan, terdapat tiga komponen teknologi utama yang saling terintegrasi, yaitu *Internet of Things* (IoT), teknologi komunikasi LoRa, dan *WhatsApp* sebagai antarmuka pengguna. *Internet of Things* (IoT) berperan sebagai konsep dasar yang memungkinkan perangkat fisik terhubung ke jaringan internet sehingga dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. Teknologi LoRa digunakan sebagai media komunikasi nirkabel jarak jauh yang memiliki konsumsi daya rendah, sedangkan *WhatsApp* dimanfaatkan sebagai antarmuka pengguna karena mudah diakses dan telah digunakan secara luas oleh masyarakat.

Integrasi ketiga teknologi tersebut memungkinkan sistem otomasi lampu dikendalikan secara *real-time* dari lokasi yang berbeda dengan efisiensi energi yang tinggi dan kemudahan penggunaan. Dari sisi operasional, alur kerja sistem

berlangsung secara berlapis, dimulai dari pengguna yang mengirimkan perintah melalui aplikasi *WhatsApp*. Perintah tersebut kemudian diproses oleh server API sebagai perantara, lalu diteruskan ke mikrokontroler. Mikrokontroler selanjutnya mengolah instruksi yang diterima dan mengirimkan perintah melalui komunikasi LoRa ke *node* tujuan. Pada tahap akhir, relay berfungsi sebagai aktuator untuk mengendalikan kondisi lampu sesuai dengan instruksi yang diberikan.

Model integrasi ini memberikan keunggulan dalam hal jangkauan komunikasi, efisiensi konsumsi daya, serta kemudahan akses bagi pengguna. Oleh karena itu, pendekatan ini dinilai relevan untuk diterapkan pada sistem otomasi lampu, baik pada lingkungan rumah tangga maupun pada area yang memiliki keterbatasan infrastruktur jaringan Wi-Fi yang stabil.

2.7.2 Landasan Teori Sistem yang Akan Dibangun

Landasan teori sistem yang dikembangkan mencakup tiga komponen utama, yaitu teori otomasi rumah, teori komunikasi LoRa, dan teori antarmuka pengguna berbasis aplikasi pesan instan. Teori otomasi rumah menekankan pentingnya kenyamanan, efisiensi energi, serta pengendalian perangkat secara terpusat sebagai bagian dari konsep *smart environment*. Pendekatan ini memungkinkan perangkat listrik, seperti lampu, untuk dikendalikan secara otomatis dan jarak jauh guna meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna.

Teori komunikasi LoRa menjelaskan penggunaan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) yang memberikan sensitivitas penerimaan tinggi serta mendukung komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Pada penelitian ini, komunikasi LoRa diterapkan menggunakan topologi *point-to-point*, yaitu

komunikasi langsung antara satu perangkat pengirim dan satu perangkat penerima tanpa melibatkan *gateway* atau jaringan LoRaWAN. Topologi ini dipilih karena sederhana, efisien, serta sesuai untuk sistem otomasi berskala kecil hingga menengah yang membutuhkan pertukaran data langsung antarperangkat.

Sementara itu, teori antarmuka pengguna menekankan aspek kemudahan penggunaan, aksesibilitas, serta minimnya kurva pembelajaran bagi pengguna. Dalam konteks ini, *WhatsApp* dipilih sebagai media antarmuka karena merupakan aplikasi pesan instan yang telah digunakan secara luas, sehingga memudahkan pengguna dalam memberikan perintah kendali tanpa memerlukan aplikasi tambahan.

Ketiga landasan teori tersebut menjadi dasar dalam pemilihan komponen utama sistem, yaitu ESP32 sebagai mikrokontroler inti, modul LoRa SX1278 sebagai media komunikasi antarperangkat, serta relay sebagai aktuator pengendali lampu. Dengan fondasi teori ini, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu bekerja secara andal dan memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan solusi otomasi lampu yang efisien, mudah digunakan, serta dapat dioperasikan pada area dengan jangkauan luas.

2.8 Kerangka Konseptual

2.8.1 Deskripsi Alur Sistem

Kerangka konseptual sistem ini menjelaskan alur komunikasi dan interaksi antar komponen utama sistem otomasi lampu, mulai dari tahap input hingga menghasilkan output. Alur kerja sistem dirancang sebagai berikut:

1. Pengguna mengirimkan perintah pengendalian lampu melalui aplikasi

WhatsApp sebagai antarmuka pengguna.

2. Pesan yang dikirim pengguna diterima oleh layanan *WhatsApp* API atau gateway, kemudian diteruskan ke mikrokontroler ESP32 melalui koneksi internet.
3. Mikrokontroler ESP32 memproses instruksi yang diterima dan mengonversinya menjadi data komunikasi berbasis LoRa.
4. Data perintah dikirimkan secara *point-to-point* melalui modul LoRa menuju node penerima yang berada di area rumah.
5. *Node* penerima LoRa menerima paket perintah dan mengaktifkan relay sebagai aktuator untuk mengendalikan kondisi lampu sesuai instruksi.
6. Setelah lampu berada pada kondisi tertentu (*ON/OFF*), status lampu dikirimkan kembali ke mikrokontroler dan diteruskan ke pengguna melalui *WhatsApp* sebagai umpan balik, sehingga pengguna dapat memastikan bahwa perintah telah dijalankan dengan benar.

Alur tersebut menggambarkan sistem otomasi lampu berbasis *Internet of Things* (IoT), LoRa, dan *WhatsApp* yang responsif, hemat energi, serta mudah dioperasikan tanpa memerlukan aplikasi tambahan.

2.8.2 Diagram Konseptual Penelitian

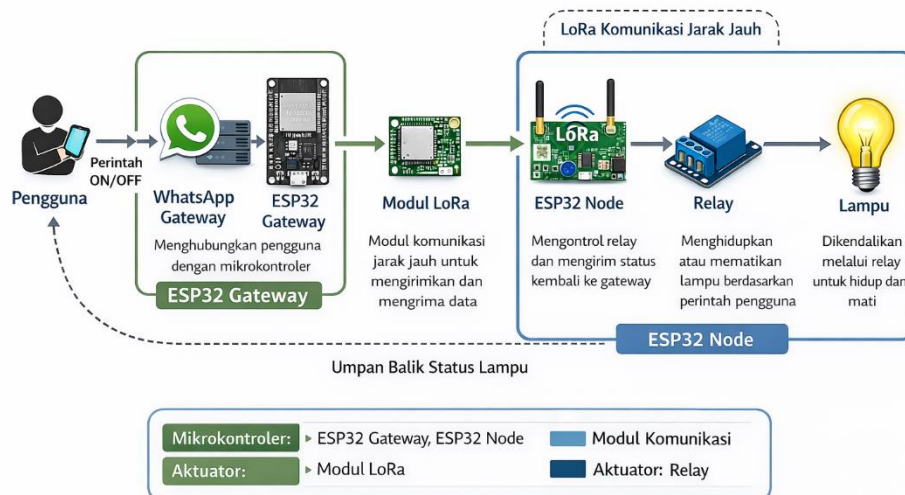
Diagram konseptual berfungsi sebagai visualisasi hubungan antar komponen yang terlibat dalam sistem. Diagram tersebut menggambarkan jalur komunikasi mulai dari pengguna hingga perangkat aktuator. Secara umum, struktur diagram terdiri dari blok:

1. Blok Pengguna, yang merepresentasikan pengguna sebagai pengirim perintah

melalui aplikasi *WhatsApp*.

2. Blok WhatsApp API/Gateway, yang berfungsi sebagai perantara untuk meneruskan pesan dari WhatsApp ke sistem IoT melalui jaringan internet.
3. Blok Mikrokontroler ESP32, yang bertugas memproses perintah yang diterima dan mengonversinya menjadi data komunikasi berbasis LoRa.
4. Blok Komunikasi LoRa (Point-to-Point), yang digunakan untuk mengirimkan perintah dari ESP32 ke node penerima secara langsung tanpa melibatkan gateway LoRaWAN.
5. Blok Node Penerima dan Relay, yang berfungsi sebagai aktuator untuk mengendalikan kondisi lampu sesuai instruksi.
6. Blok Lampu, sebagai perangkat output yang dikendalikan sistem

Diagram Konseptual Penelitian



Gambar 2.5 Diagram Konseptual Penelitian

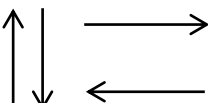
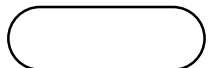

Diagram konseptual ini memberikan gambaran yang jelas mengenai bagaimana instruksi dikirim, diproses, diteruskan, dan menghasilkan aksi fisik pada lampu, serta bagaimana sistem mengirimkan umpan balik status lampu kepada


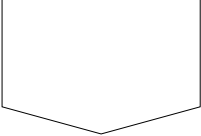
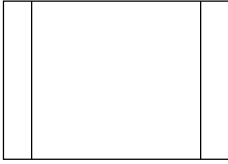
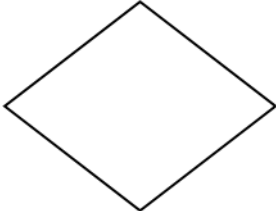
pengguna melalui WhatsApp. Dengan demikian, diagram konseptual membantu pembaca memahami arsitektur sistem secara keseluruhan dan peran masing-masing komponen dalam mendukung fungsi otomasi lampu berbasis Internet of Things (IoT).

2.9 Flowchart

Flowchart merupakan representasi grafis yang digunakan untuk menggambarkan alur proses kerja suatu sistem secara sistematis dan berurutan. Flowchart menunjukkan langkah-langkah proses dari awal hingga akhir menggunakan simbol-simbol standar yang saling terhubung oleh garis alir, sehingga memudahkan dalam memahami logika dan mekanisme kerja sistem.

Tabel 2.2 Simbol – simbol Flowchart

No	Simbol	Deskripsi
1	<p>Flow Line</p> 	Menunjukkan arah alur proses dari satu simbol ke simbol lainnya
2	<p>Terminator</p> 	Menandakan awal (<i>Start</i>) dan akhir (<i>End</i>) dari suatu proses
3	<p>Input-Output</p> 	Simbol untuk menyatakan proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatannya

No	Simbol	Deskripsi
4	Process 	Menunjukkan langkah pemrosesan atau instruksi yang dijalankan oleh sistem
5	Off Page Connector 	Simbol untuk menyatakan sambungan dari suatu proses keproses lainnya dalam halaman/lembar yang berbeda
6	Predefined Process (Sub Program) 	Permulaan sub program atau proses menjalankan sub program
7	Decision 	Perbandingan pernyataan, penyelesaian data yang memberikan pilihan untuk langkahselanjutnya