

**IMPLEMANTASI PERHITUNGAN KAPASITAS PARKIR
KENDARAAN BERBASIS KAMERA MENGGUNAKAN
*INTERNET OF THINGS***



Disusun Oleh:

N a m a : Lalu Ahmad Naufal Gina Gahara
NIM : 21523255

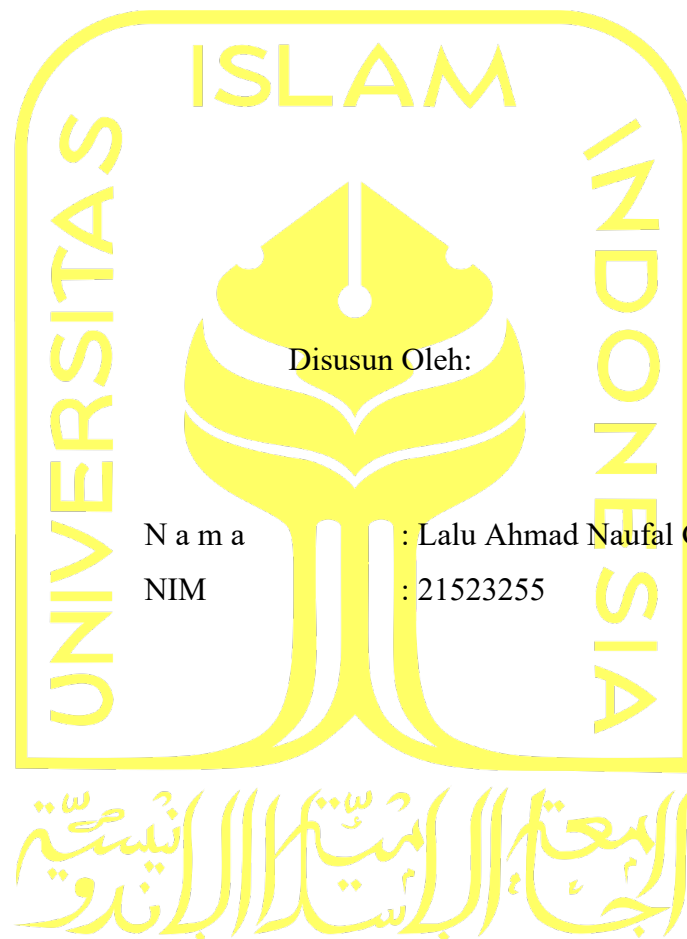
**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**IMPLEMANTASI PERHITUNGAN KAPASITAS PARKIR
KENDARAAN BERBASIS KAMERA MENGGUNAKAN
*INTERNET OF THINGS***

TUGAS AKHIR



Yogyakarta, 18 Juli 2025

Pembimbing,

(Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

IMPLEMANTASI PERHITUNGAN KAPASITAS PARKIR KENDARAAN BERBASIS KAMERA MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS*

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 29 Juli 2025

Tim Penguji

Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc.

Anggota 1

Moh. Idris, S.Kom., M.Kom.

Anggota 2

Dr. Nur Wijayaning Rahayu, S.Kom., M.Cs.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dhomas Hata Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lalu Ahmad Naufal Gina Gahara
NIM : 21523255

Tugas akhir dengan judul:

IMPLEMANTASI PERHITUNGAN KAPASITAS PARKIR KENDARAAN BERBASIS KAMERA MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS*

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 Juli 2025



(Lalu Ahmad Naufal Gina Gahara)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sagala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpah rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya yang senantiasa menyertai setiap langkah saya hingga akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad Shallallahu'Alaihi Wasallam, pembawa cahaya kebenaran yang telah membimbing umat manusia dari masa kejahiliyahan menuju kehidupan yang penuh ilmu dan iman.

Tugas akhir ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta dan hormat kepada ibunda tercinta, yang selalu mendoakan dan mendukung dalam setiap keadaan, serta untuk almarhum ayah yang semangat hidupnya menjadi sumber kekuatan dalam setiap perjuangan saya. Saya juga persembahkan karya ini untuk keluarga besar dan saudara-saudara saya yang senantiasa menjadi tempat kembali dan berbagi semangat. Tak lupa, saya ucapkan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan, baik dalam lingkup akademik maupun keseharian, yang telah memberi warna dan makna dalam proses ini, serta kepada pengurus Masjid Darussalam Ganjuran atas bantuan dan kerja samanya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Penghargaan dan rasa terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada Bapak Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing, yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan yang sangat berarti. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh dosen Informatika UII yang telah mendidik dan membekali saya dengan ilmu dan pengalaman yang berharga. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan dibalas oleh Allah SWT dengan limpahan berkah, kesehatan, dan kebahagiaan.

HALAMAN MOTO

“Fokus. *Grow. Keep moving forward*”

(Lalu Ahmad Naufal Gina Gahara)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpah rahmat, kemudahan, dan kesehatan yang telah diberikan hingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **IMPLEMENTASI PERHITUNGAN KAPASITAS PARKIR KENDARAAN BERBASIS KAMERA MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS***. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Proses dalam menyusun tugas akhir ini telah memberikan banyak pengalaman yang tidak ternilai, baik secara akademis maupun secara pribadi. Dukungan dan semangat dari berbagai pihak menjadi bagian terpenting dalam tercapainya penyusunan laporan ini.

Sebagai bentuk rasa hormat dan terima kasih, saya ingin menyampaikan apresiasi kepada:

1. Allah SWT atas segala karunia, kemudahan, dan kekuatan yang telah menyertai setiap langkah saya.
2. Ibunda saya tercinta, atas doa, cinta, dan pengorbanan yang tidak pernah henti menyemangati saya dalam segala keadaan.
3. Almarhum ayah saya, yang meskipun telah tiada, namun ajaran, teladan, dan kasih sayangnya terus hidup dalam hati saya. Semoga Allah SWT menempatkan beliau di tempat terbaik disisi-Nya dan melapangkan alam kuburnya.
4. Bapak Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan semangat yang sangat berarti selama proses ini berlangsung.
5. Rekan-rekan seperjuangan yang senantiasa menjadi teman bertukar pikiran, berbagi motivasi, serta membantu dalam berbagai kesempatan.
6. Pengurus Masjid Darussalam Ganjuran yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melaksanakan penelitian secara langsung di lingkungan masjid.
7. Bapak Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Informatika Universitas Islam Indonesia.
8. Bapak Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Islam Indonesia.

Saya menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Untuk itu, saya dengan rendah hati membuka diri terhadap segala kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menjadi inspirasi bagi pengembangan keilmuan selanjutnya.

Yogyakarta, 18 Juli 2025



(Lalu Ahmad Naufal Gina Gahara)

SARI

Perkembangan teknologi yang pesat telah mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam pengelolaan area parkir di lingkungan masjid. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem perhitungan ketersediaan tempat parkir kendaraan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan kamera ESP32-CAM. Deteksi kendaraan dilakukan secara otomatis melalui pengolahan citra digital yang terintegrasi dengan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8), menggunakan bahasa pemrograman Python, sehingga sistem mampu mendeteksi kendaraan beserta status pergerakannya secara akurat berdasarkan citra yang di tangkap oleh kamera. Sistem ini menampilkan informasi secara *real-time* melalui LCD I2C 20x4 dan halaman *website*, yang mencakup ketersediaan slot parkir kendaraan, total slot parkir kendaraan, status kendaraan, serta waktu kendaraan (masuk dan keluar), dengan penyimpanan data menggunakan Firebase. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Human-Centered-Design* (HCD), dengan melibatkan pengguna secara aktif dalam lima tahapan utamanya yaitu *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, serta uji coba dan evaluasi. Pada tahapan *empathize* dilakukan wawancara dengan pengurus dan jamaah untuk menggali kebutuhan pengguna terhadap sistem parkir. Hasilnya digunakan dalam tahapan *define* untuk merumuskan kebutuhan sistem, yang dilanjutkan dengan tahap *ideate* untuk membuat solusi desain. Sistem dirancang dan direalisasikan dalam bentuk perangkat keras dan lunak, serta diuji pada tahap akhir untuk memastikan fungsionalitasnya. Sistem diimplementasikan di area parkir Masjid Darussalam Ganjuran dan diuji menggunakan metode *black box* untuk memastikan fungsionalitas berjalan sesuai rancangan. Selain itu, dilakukan juga pengujian menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) untuk mengukur tingkat kemudahan dan kenyamanan pengguna dalam menggunakan antarmuka *website*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kendaraan keluar dan masuk dengan tingkat akurasi sebesar 66,67% dalam kondisi pencahayaan yang optimal, serta menampilkan informasi secara langsung melalui layar LCD dan *website*. Skor rata-rata SUS pengguna menunjukkan tingkat kegunaan *website* berada pada kategori “Sangat Baik” dengan rata-rata skor sebesar 90. Sistem ini juga mampu menyimpan data secara *real-time* ke Firebase. Dengan adanya sistem ini memberikan kemudahan bagi jamaah dalam mengetahui informasi slot parkir secara langsung, dan membantu pengelola masjid dalam memantau kondisi area parkir secara efisien.

Kata kunci: *Internet of Things*, Sistem Parkir, Masjid, *Real-Time*, Firebase, ESP32-CAM, HCD, SUS.

GLOSARIUM

ESP32-CAM	Mikrokontroler kecil yang sudah dilengkapi dengan modul kamera serta fitur koneksi nirkabel seperti Wi-Fi.
<i>Breadboard</i>	Papan sederhana yang biasa digunakan untuk menyusun dan menguji sambungan rangkaian elektronik secara langsung.
Firebase	Platform <i>cloud</i> untuk menyimpan dan mengelola data secara <i>real-time</i> .
GPIO	Pin pada mikrokontroler untuk input dan output sinyal digital.
HCD	Metode desain yang berfokus pada pemahaman dan kebutuhan pengguna.
LCD	Komponen visual berbasis <i>Liquid Crystal Display</i> yang digunakan untuk menampilkan keluaran data dari sistem.
I2C	Protokol komunikasi dua kabel untuk koneksi antar perangkat elektronik.
Mikrokontroler	Chip pengendalian utama dalam perangkat elektronik otomatis.
Platform	Wadah digital untuk menjalankan atau membangun sistem.
Python	Bahasa pemrograman serbaguna yang mudah dibaca dan diterapkan
<i>Real-Time</i>	Sistem yang memproses data secara langsung saat kejadian
<i>Website</i>	Media digital yang menyajikan konten melalui internet.
Slot Parkir	Ruang kendaraan yang dipantau secara otomatis oleh sistem.
Wi-Fi	Teknologi nirkabel untuk koneksi perangkat ke jaringan.

SUS	Metode pengujian kegunaan sistem berbasis kuesioner skala Likert.
YOLOv8	Algoritma <i>object detection</i> untuk mendeteksi dan mengenali objek pada citra atau video secara cepat.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
SARI	ix
GLOSARIUM.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.1 Lahan Parkir	9
2.2 Penerapan Teknologi Kamera dalam Sistem Parkir.....	10
2.3 Pengertian <i>Internet of Things</i> (IoT).....	11
2.4 Tinjauan Pustaka Komponen IoT (<i>Internet of Things</i>).....	15
2.5 Kajian Pustaka	17
2.6 Pengujian <i>Black Box</i>	22
2.7 <i>Human-Centered-Design</i> (HCD).....	22
2.8 <i>System Usability Scale</i> (SUS).....	25
2.9 <i>You Only Look Once versi 8</i> (YOLOv8)	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem	30
3.2 Rancangan Sistem IoT.....	33
3.3 Denah Lokasi Masjid.....	40
3.4 Hasil Wawancara.....	42
3.5 Metode Pengujian Sistem	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Implementasi Sistem	49
4.2 Pengujian Sistem	53
4.3 Pembahasan	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	20
Tabel 2. 2 Perbandingan Mikrokontroller.....	21
Tabel 2. 3 Perbandingan Kamera.....	21
Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	31
Tabel 3. 2 Wawancara dengan Pengurus Masjid.....	43
Tabel 3. 3 Wawancara dengan Jamaah Masjid.....	44
Tabel 3. 4 Pernyataan Responden.....	46
Tabel 3. 5 Data Responden.....	48
Tabel 4. 1 Pengujian dengan Mobil.....	57
Tabel 4. 2 Pengujian dengan Motor.....	59
Tabel 4. 3 Tabel Pengujian Firebase.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi cara kerja IoT	14
Gambar 2. 2 ESP 32-CAM	16
Gambar 2. 3 LCD I2C 20x4.....	17
Gambar 2. 4 Tahapan <i>Human-Centered-Design</i>	23
Gambar 3. 1 Tahapan Utama Pelaksanaan Penelitian	27
Gambar 3. 2 ESP32-CAM	32
Gambar 3. 3 Menampilkan Antarmuka <i>Website</i>	32
Gambar 3. 4 Menampilkan Antarmuka <i>Website</i>	33
Gambar 3. 5 Gambaran Kerja Sistem	36
Gambar 3. 6 Gambaran Rancangan <i>Hardware</i>	37
Gambar 3. 7 Alur Kerja Sistem.....	39
Gambar 3. 8 Denah Lokasi Masjid	41
Gambar 4. 1 Rangkaian lengkap Sistem Kamera Parkir.....	49
Gambar 4. 2 Sintaks Kamera Parkir	51
Gambar 4. 3 Sintaks Kamera Parkir	53
Gambar 4. 4 Pegujian Sistem di Area Parkir Masjid	55
Gambar 4. 5 Pengujian Pertama dengan Mobil	56
Gambar 4. 6 Pengujian Kedua dengan Mobil.....	56
Gambar 4. 7 Pengujian Ketiga dengan Mobil.....	57
Gambar 4. 8 Pengujian Pertama dengan Sepeda Motor	57
Gambar 4. 9 Pengujian Kedua dengan Sepeda Motor	58
Gambar 4. 10 Pengujian Ketiga dengan Sepeda Motor.....	58
Gambar 4. 11 Pengujian <i>Website</i>	60
Gambar 4. 12 Pengujian <i>Website</i>	60
Gambar 4. 13 Pegujian LCD I2C 20x4.....	61
Gambar 4. 14 Pengujian Firebase	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang pesat di zaman sekarang telah membawa banyak kemudahan bagi masyarakat dalam menjalani aktivitas sehari-hari. Saat ini, teknologi telah menjadi elemen yang sangat penting dalam kehidupan manusia, memberikan dampak yang luas di berbagai bidang (Maulana et al., 2023). Teknologi informasi memiliki peran penting dalam mendukung berbagai aktivitas, memungkinkan proses kerja menjadi lebih efisien, cepat, dan presisi. Dampaknya secara langsung terlihat pada peningkatan produktivitas serta percepatan berbagai aspek kehidupan, menjadikannya salah satu kebutuhan utama yang terus berkembang dan diminati oleh masyarakat (Winarto et al., 2023). Inovasi teknologi ini dapat diterapkan pada sistem parkir yang dimana pengawasan terhadap kendaraan masih sepenuhnya bergantung pada keberadaan petugas di lokasi tersebut (Maulana et al., 2023). Salah satu kendala yang sering terjadi dalam pengelolaan parkir manual adalah kurangnya informasi mengenai jumlah slot parkir yang tersedia dan penataan kendaraan yang tidak rapi. Hal ini menyebabkan pemilik kendaraan harus menghabiskan waktu lebih lama untuk menentukan tempat parkir yang kosong (Septriyaningrum et al., 2016). Oleh karena itu, pengelolaan area parkir secara manual dinilai tidak lagi efektif dalam mengatasi permasalahan parkir (Putra et al., 2018). Maka dari itu, dibutuhkan sistem pengawasan parkir yang dapat membantu pengelola dalam memantau kondisi area parkir secara efisien. Meskipun saat ini banyak gedung telah mulai menggunakan teknologi berbasis komputer untuk sistem parkir, informasi yang diterima pengelola mengenai situasi parkir di lapangan masih belum cukup optimal (Septriyaningrum et al., 2016).

Masjid adalah lokasi yang digunakan umat Islam untuk melaksanakan ibadah dan mempererat hubungan dengan Allah SWT (Ayub, 1996). Masjid secara umum merupakan cerminan dari aspirasi umat Islam sebagai sarana ibadah yang memiliki peran utama. Mengingat pentingnya peran tersebut, masjid perlu dikelola secara optimal, baik dari aspek fisik bangunannya maupun dari aktivitas yang mendukung keberlanjutan dan kemakmurannya (Setlight, 2022). Masjid berfungsi sebagai pusat berbagai aktivitas bagi umat Islam, termasuk dalam bidang sosial, pendidikan, politik, budaya, dakwah, dan ekonomi (Mauludi et al., 2021).

Masjid dapat ditemukan di berbagai lokasi, seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, kampus, instansi pemerintah, hingga pabrik, meskipun di beberapa tempat lebih sering disebut sebagai musala. Bagi mereka yang sering bepergian keluar kota, masjid juga tersedia di *rest area* atau di sekitar pengisian bahan bakar umum (Nugraha, 2016). Salat adalah ibadah yang diwajibkan bagi setiap Muslim dan dilaksanakan lima kali dalam sehari, yaitu pada waktu Subuh, Dzuhur, Ashar, Maghrib, dan Isya (Hayati, 2020). Ketika waktu salat tiba, umat Muslim berbondong-bondong menuju masjid untuk melaksanakan salat berjamaah. Hal ini menyebabkan kepadatan dalam waktu yang bersamaan. Kepadatan tersebut dapat membuat area parkir masjid penuh dan tidak teratur, sehingga beberapa jamaah terpaksa memarkirkan kendaraan mereka di pinggir jalan (Purwanto & Prasetyo, 2022). Kondisi tempat parkir yang menjadi padat dan tidak dapat dipastikan ketersediaannya, mengakibatkan pengendara yang ingin memarkir kendaraannya harus berputar-putar untuk mencari lahan parkir (Erpa et al., 2018). Permasalahan yang sering terjadi pada sistem perparkiran saat ini adalah kurangnya informasi mengenai status ketersediaan lahan parkir (Efan, 2021). Kondisi ini berpotensi menyebabkan keterlambatan jamaah dalam mengambil air wudu sebelum salat. Ketika area parkir sudah penuh, jamaah yang datang terlambat tidak memiliki informasi apakah masih tersedia tempat parkir, yang dapat memperburuk situasi. Selain itu, kendaraan yang terus memasuki area parkir meskipun kapasitas telah penuh dapat menyebabkan kemacetan di pintu masuk masjid. Ketidakseimbangan antara jumlah kendaraan yang masuk dan kapasitas lahan parkir dapat mengganggu kelancaran lalu lintas di sekitar masjid dan berisiko menunda jamaah dalam menjalankan ibadah mereka (Purwanto & Prasetyo, 2022). Sistem parkir pintar dapat memungkinkan masyarakat untuk mengetahui slot parkir yang kosong melalui sistem kamera dan perangkat sensor, sehingga masyarakat dapat memperoleh layanan tersebut serta secara otomatis akan diberitahu tentang slot kosong (Erpa et al., 2018). Aplikasi parkir pintar memungkinkan pengguna mendapatkan informasi terkait lahan parkir secara langsung, sehingga waktu yang diperlukan untuk mencari lahan parkir menjadi lebih efisien. Sistem dapat memberikan informasi lahan parkir yang tersedia melalui internet secara *real-time* dengan memantau lahan parkir melalui sensor yang datanya dikirim ke aplikasi *mobile* melalui server database (Pradipta et al., 2021). Informasi mengenai ketersediaan slot parkir di fasilitas umum dapat mempermudah pengunjung. Selain memberikan keuntungan bagi pengunjung hal ini juga membawa manfaat bagi kelestarian lingkungan (Rahman et al., 2019). Berdasarkan permasalahan tersebut, masjid memerlukan bantuan alat teknologi berupa sistem parkir pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau parkir melalui sistem kamera

dan sensor, memberikan informasi *real-time* mengenai ketersediaan tempat parkir, dan mengurangi waktu pencarian lahan parkir bagi jamaah. Oleh karena itu, penulis merancang pengembangan alat berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan kamera untuk menangkap gambar kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir masjid. Proses deteksi dilakukan secara otomatis melalui pengolahan citra digital menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python, sehingga informasi ketersediaan tempat parkir dapat diperoleh secara akurat dan ditampilkan melalui layar LCD dan antarmuka *website* yang telah disediakan.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) membawa inovasi dengan memungkinkan perangkat komputer untuk mengelola sistem secara otomatis dan merespons kejadian-kejadian dalam sistem tersebut secara langsung. Dengan *Internet of Things* (IoT), sistem parkir dapat diatur secara efisien, dan informasi terkait dapat disimpan dalam database yang bisa diakses melalui koneksi internet, memudahkan pemantauan secara *real-time* (Putra et al., 2018). Aplikasi yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) ini bertujuan untuk mendeteksi kendaraan yang masuk ke area parkir masjid. Data yang diperoleh akan ditampilkan pada layar LCD, yang menunjukkan jumlah slot parkir yang masih tersedia untuk sepeda motor dan mobil, serta yang sudah terisi. Fitur ini diharapkan memudahkan jamaah dalam menemukan tempat parkir yang kosong, serta membantu pengelola masjid dalam mengatur parkir secara lebih terorganisir dan efisien. Selain itu, layar LCD memberikan kemudahan bagi jamaah untuk memantau ketersediaan parkir secara langsung (Alfikri & Rianto, 2024). Sistem di area parkir memanfaatkan kamera untuk mendeteksi keberadaan objek dan mengambil gambar secara otomatis (Efan, 2021). Kamera digunakan untuk mendeteksi jumlah serta posisi slot parkir yang kosong, kemudian data tersebut ditampilkan pada layar LCD sebagai informasi bagi pengendara yang akan menggunakan area parkir (Maulana et al., 2021).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem parkir di masjid menjadi krusial untuk mengatasi ketidakpastian terkait ketersediaan tempat parkir, terutama pada saat waktu ibadah. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan pada waktu-waktu tertentu, jamaah sering mengalami kesulitan dalam menemukan tempat parkir yang kosong, sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam menjalankan ibadah. Oleh karena itu, penulis merancang pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT) yang dapat mendeteksi kendaraan yang memasuki area parkir

masjid dan menampilkan informasi tersebut melalui layar LCD serta *website* yang telah disediakan. Informasi yang ditampilkan meliputi jumlah slot parkir yang tersedia untuk sepeda motor dan mobil, total slot parkir kendaraan, waktu masuk dan keluar kendaraan, serta status kendaraan (masuk atau keluar). Sistem ini juga dirancang untuk mendukung pengelolaan lahan parkir secara lebih terorganisir dan efisien, serta memberikan kemudahan jamaah dalam mengetahui informasi secara langsung melalui layar LCD. Sementara itu, pengurus masjid dapat memantau kondisi area parkir secara *real-time* melalui *website*. Sistem ini dilengkapi dengan modul kamera ESP32-CAM untuk memantau area parkir dengan menangkap gambar kendaraan, baik mobil, maupun sepeda motor. Deteksi kendaraan dilakukan secara otomatis melalui pengolahan citra digital yang terintegrasi dengan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8), menggunakan Bahasa pemrograman Python, sehingga sistem mampu mendeteksi kendaraan beserta status pegerakannya secara akurat berdasarkan citra yang ditangkap oleh kamera. Seluruh data akan disimpan dalam Firebase dan ditampilkan sesuai fungsinya pada layar LCD dan *website*, selain diuji dari sisi fungsionalitas sistem, antarmuka *website* yang tersedia juga diperhatikan dari sisi pengguna dengan melibatkan proses penilaian agar dapat mengetahui sejauh mana sistem benar-benar mudah digunakan dan memberi kenyamanan dalam pengoperasiannya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan dan menerapkan sistem parkir berbasis kamera dan *Internet of Things* (IoT) untuk menghitung Ketersediaan slot parkir kendaraan secara akurat dan *real-time*, dengan mempertimbangkan masukan dan kebutuhan pengguna.

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini belum mencapai tahap akhir dan masih berupa prototipe.
2. Kamera yang digunakan hanya menangkap citra kendaraan berjenis mobil dan sepeda motor. Proses pendeteksian dilakukan secara otomatis oleh sistem menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python, berdasarkan citra yang diambil oleh kamera.
3. Layar LCD hanya berfungsi untuk menampilkan informasi terkait kapasitas parkir seperti total slot kendaraan, ketersediaan slot, jenis kendaraan, status kendaraan, serta

waktu kendaraan (masuk dan keluar). Namun, sistem ini belum mendukung metode pembayaran, sehingga pengguna tidak dapat melakukan transaksi parkir.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di dapatkan dari penulis:

1. Penulis mendapatkan kesempatan untuk terlibat langsung dalam proses mengembangkan dan pengujian sistem yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT).
2. Penulis memperoleh peluang untuk memperdalam pemahaman mengenai penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) serta memahami berbagai komponen teknologi yang terlibat dalam sistem tersebut.
3. Penulis dapat berkontribusi dalam meningkatkan pengelolaan parkir berbasis teknologi di fasilitas umum.

Manfaat yang di dapatkan dari pengguna:

1. Membantu pengguna memperoleh informasi kendaraan secara akurat dan *real-time* melalui layar LCD dan website sesuai fungsinya.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan sistem penghitung ketersediaan tempat parkir kendaraan berbasis kamera dan *Internet of Things* (IoT), yang dirancang dengan berfokus pada kebutuhan pengguna guna meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir di masjid.

1.6 Metodologi Penelitian

Adapun beberapa tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. *Empathize* (Memahami Pengguna)

Pada tahapan ini, fokus utama adalah memahami kebutuhan dan pengalaman pengguna secara menyeluruh. Penulis mengumpulkan informasi melalui observasi langsung dan interaksi dengan pengguna, seperti wawancara dan diskusi, untuk memahami tantangan serta keinginan mereka secara mendalam.

2. *Define* (Merumuskan Masalah)

Setelah data terkumpul, tahapan selanjutnya adalah menganalisis informasi tersebut guna merumuskan masalah yang akan diselesaikan. Pada tahap ini, penulis menetapkan masalah utama secara jelas dan terperinci sebagai dasar dalam merancang solusi yang relevan dan efisien. Rumusan masalah yang disusun kemudian dikonfirmasi kembali kepada pengguna untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan nyata di lapangan.

3. *Ideate* (Memberikan Solusi)

Pada tahapan ini, penulis befokus pada penciptaan berbagai alternatif solusi untuk mengatasi masalah yang telah didefinisikan sebelumnya. Proses ini melibatkan sesi kreatif guna mengeksplorasi banyak ide inovatif yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna, serta mempertimbangkan berbagai kemungkinan solusi yang dapat diimplementasikan. Pengguna dilibatkan untuk memberikan tanggapan terhadap ide-ide awal yang ditawarkan sebelum pemilihan solusi terbaik dilakukan.

4. *Prototype* (Pembangunan Prototipe)

Pada tahapan ini, penulis menciptakan model atau prototipe dari solusi yang dipilih. Prototipe ini dapat berupa rancangan awal atau bentuk sederhana yang dirancang untuk diuji dan dianalisis lebih lanjut dalam mengevaluasi keefektifannya. Prototipe ditujukan kepada pengguna untuk mendapatkan umpan balik awal sebelum dilakukan penyempurnaan lebih lanjut.

5. Uji Coba dan Evaluasi

Setelah prototipe selesai, dilakukan pengujian dan evaluasi untuk menilai apakah solusi yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna. Pengguna turut dilibatkan dalam proses ini untuk memberikan masukan berdasarkan pengalaman penggunaan antarmuka yang dirancang. Hasil pengujian digunakan sebagai umpan balik untuk menyempurnakan prototipe, sehingga solusi yang dihasilkan benar-bener efektif.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini disusun untuk membagi laporan penelitian menjadi beberapa bagian yang terstruktur dan logis, sehingga memberikan kemudahan dalam memahami penelitian ini. Bagian-bagian yang akan dibahas meliputi Pendahuluan, Landasan Teori, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran. Dengan demikian,

sistematika ini bertujuan untuk memastikan bahwa informasi dapat disampaikan secara jelas dan teratur.

1.7.1 Pendahuluan

Bab ini merupakan pengantar dalam penulisan laporan, yang mencakup aspek-aspek penting seperti latar belakang, rumusan masalah, manfaat penelitian, tujuan penelitian, dan metodologi yang diterapkan. Tujuan dari bab ini adalah untuk memberikan pemahaman yang mendalam tentang ruang lingkup penelitian serta menjelaskan pentingnya dan keterkaitan penelitian ini dalam konteks pengelolaan sistem parkir. Sehingga dengan memahami latar belakang yang mendasari penelitian ini serta alasan dari mengapa penelitian ini dilakukan.

1.7.2 Landasan Teori

Bab ini membahas berbagai konsep penting yang menjadi dasar dalam penelitian, seperti *Internet Of Things* (IoT), penerapan teknologi kamera dalam sistem parkir, *hardware*, teori-teori berkaitan dengan lahan parkir, serta penelitian terdahulu. Bab ini bertujuan untuk memberikan landasan teoritis yang relevan dalam mendukung penelitian ini dan menjelaskan pentingnya teknologi yang diterapkan.

1.7.3 Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan pendekatan yang digunakan dalam penelitian, termasuk penjelasan secara umum mengenai sistem, desain sistem, dan metode pengumpulan data. Selain itu, langkah-langkah implementasi sistem parkir berbasis kamera dan *Internet of Things* (IoT) untuk menghitung ketersediaan tempat parkir kendaraan dijelaskan secara menyeluruh, dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna sebagai dasar utama dalam desain sistem. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pemahaman yang jelas tentang seluruh proses penelitian mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan.

1.7.4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan membahas hasil pengujian, implementasi, dan pembahasan terkait sistem perhitungan ketersediaan tempat parkir kendaraan berbasis kamera yang telah diterapkan. Tujuan dari bab ini adalah untuk memaparkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, serta mengevaluasi efektivitas implementasi sistem dalam mengelola kapasitas parkir kendaraan di masjid dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT).

1.7.5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini merangkum keseluruhan temuan dari penelitian, termasuk dari keberhasilan dan tantangan yang dihadapi selama implementasi sistem perhitungan ketersediaan tempat parkir kendaraan. Selain itu, saran disampaikan secara spesifik untuk pengembangan lanjut terhadap sistem yang telah diimplementasikan, Tujuan dari bab ini adalah untuk menyimpulkan hasil penelitian secara jelas dan menyeluruh, serta memberikan rekomendasi yang bermanfaat bagi penelitian di masa mendatang.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Lahan Parkir

Parkir mengacu pada kondisi kendaraan yang berhenti tanpa bergerak dalam jangka waktu tertentu. Kendaraan yang berhenti di lokasi parkir, baik yang diberi tanda dengan rambu atau tidak, tidak dimaksudkan hanya untuk menaikkan atau menurunkan barang maupun penumpang. Tempat parkir yang terletak di tepi jalan atau menggunakan sebagian dari jalan itu sendiri dapat mengurangi kapasitas jalan dan memperlambat arus lalu lintas, sehingga menyebabkan penggunaan jalan menjadi kurang efisien. Lahan parkir atau tempat parkir adalah area yang disediakan di luar jalan untuk kendaraan bermotor, baik oleh individu atau badan, termasuk tempat penitipan kendaraan dan garasi. Pemilik lahan parkir adalah individu atau entitas yang memiliki hak atas tempat parkir tersebut. Pengusaha adalah orang atau badan yang mengelola tempat parkir yang disediakan oleh pemilik tempat parkir. Pengguna tempat parkir adalah individu atau badan yang bertanggung jawab dalam mengelola lahan parkir yang disediakan oleh pemilik, dan mendapatkan imbalan melalui sistem bagi hasil atas pengelolaan tersebut. Kebutuhan lahan parkir adalah jumlah ruang yang diperlukan untuk menampung kendaraan yang membutuhkan tempat parkir, yang disesuaikan dengan fungsi dan fasilitas yang tersedia berdasarkan perencanaan tata guna lahan. Fasilitas parkir adalah area yang disediakan untuk kendaraan berhenti dalam jangka waktu tertentu, yang digunakan untuk berbagai kegiatan di lokasi tersebut. Tujuan dari fasilitas parkir adalah menyediakan ruang bagi kendaraan untuk berhenti dan beristirahat dengan nyaman selama melakukan aktivitas tertentu (Kusumaningtyas & Rinda, 2016). Lahan parkir pada umumnya dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tempatnya, yaitu parkir yang terletak di tepi jalan (*on street*) dan parkir yang berada di luar tepi jalan (*non-on street*). Parkir *on street* berada di sepanjang jalan, sedangkan parkir *non-on street* berada di area khusus, seperti gedung atau lapangan parkir terbuka (Akbar et al., 2018). Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan di Universitas Teknokrat Indonesia menunjukkan bahwa area parkir ITC yang memiliki luas sekitar 1300,61 m² mampu menampung hingga 642 sepeda motor (Bertarina & Arianto, 2021).

Evaluasi kebutuhan lahan parkir juga mempertimbangkan faktor keamanan, kebiasaan pengguna, dan fasilitas yang ada. Penelitian di Kampus Fisip Universitas Atma Jaya

Yogyakarta menunjukkan bahwa area parkir yang ada saat ini tidak cukup menampung jumlah kendaraan yang datang ke kampus. Rekomendasi dari penelitian ini adalah penambahan luas area parkir sebesar 485,055 m² untuk mobil dan 273,518 m² untuk motor (Januar & Alfred, 2014). Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak menghadapi masalah serupa terkait evaluasi kebutuhan parkir. Penelitian yang dilakukan melalui survei lapangan menghasilkan data terkait volume kendaraan, akumulasi, dan indeks parkir. Temuan menunjukkan beberapa area parkir, seperti Pos I untuk mobil dan Pos III untuk motor, mengalami kekurangan kapasitas dibandingkan dengan jumlah kendaraan yang memanfaatkan fasilitas tersebut. Sebagai solusi, disarankan untuk memperluas area parkir seluas 477 m² dan membongkar serasan untuk meningkatkan akses keluar-masuk kendaraan dengan lebih tertata. (Mahmugi et al., 2018).

Ruang publik adalah area yang dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan masyarakat umum, seperti untuk berinteraksi dengan orang lain, mengadakan pertemuan informal, bermain, berjalan-jalan, atau bersantai. Pengunjung juga dapat menikmati taman, ruang terbuka hijau, atau hanya mengamati aktivitas orang lain di sekitar mereka. Ruang ini menyediakan kesempatan bagi individu untuk terlibat dalam berbagai kegiatan sosial dan rekreasi dalam lingkungan yang terbuka dan dapat diakses oleh semua orang (Darmawan, 2005). Ruang publik dalam konteks tata guna lahan perkotaan merujuk pada area terbuka yang dirancang untuk dapat diakses oleh masyarakat tanpa biaya, sebagai bagian dari pelayanan publik dari pemerintah kota untuk mendukung berbagai kegiatan sosial. Aktivitas yang dilakukan di ruang publik meliputi rekreasi, kebersihan, keamanan, serta kesehatan. Bentuk ruang terbuka ini bisa mencakup taman, tempat olahraga, area bermain anak, hingga daerah hijau lainnya. Dalam pengelolaan lahan parkir, pemanfaatan ruang publik menjadi sangat penting untuk mengurangi konflik penggunaan ruang. Penelitian yang dilakukan di Jalan Cikuray Garut, mengungkapkan bahwa meningkatkan legalitas pengelola parkir serta pemberdayaan petugas parkir yang sah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan parkir. Penelitian ini juga merekomendasikan penambahan area khusus parkir dan memperjelas status legal pengelola parkir untuk mengurangi kondisi parkir liar di tepi jalan. (Ibrahim et al., 2014).

2.2 Penerapan Teknologi Kamera dalam Sistem Parkir

Kamera berfungsi untuk merekam objek dalam bentuk gambar atau video. Seiring perkembangan teknologi, ukuran kamera semakin mengecil, memungkinkan kamera untuk dipasang dalam perangkat kecil seperti ponsel, memberikan kemudahan bagi penggunaanya

untuk merekam gambar atau video dengan perangkat yang lebih praktis dan portabel (Anwar et al., 2022). Tempat parkir adalah fasilitas yang biasanya ada di berbagai instansi atau kantor untuk menyimpan kendaraan sementara saat kita bekerja atau melakukan aktivitas lainnya. Dengan jumlah kendaraan yang masuk ke area parkir dapat mencapai puluhan bahkan ribuan, diperlukan sistem manajemen parkir yang efisien. Banyak perusahaan, lembaga pendidikan, dan instansi pemerintah menyadari pentingnya sistem ini dan sering kali menggunakan vendor parkir untuk mengelola fasilitas tersebut. Layanan yang diberikan oleh vendor bisa beragam, dari penambahan petugas parkir hingga penggunaan kamera untuk membaca plat kendaraan secara otomatis, serta menyimpan data kendaraan beserta foto kendaraan tersebut dalam database (Wahyu et al., 2019). Perangkat yang digunakan untuk mengambil gambar di area parkir adalah ESP32-CAM. Modul ini merupakan salah satu pengembangan dari ESP32 yang sudah dilengkapi dengan Wi-Fi 2.4 GHz dan *Bluetooth*. Selain itu, ESP32-CAM juga memiliki kamera OV2640 dengan resolusi 2MP, yang dapat digunakan untuk mengambil foto maupun video. Modul ini juga dilengkapi dengan slot kartu *microSD* untuk menyimpan data yang diambil oleh kamera. (Riyanto & Wasid, 2023). Salah satu contoh penerapan sistem adalah dengan mengimplementasikan sistem pengawasan parkir menggunakan ESP32-CAM dan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Dengan memanfaatkan ESP32-CAM dan perangkat pendukung lainnya, diharapkan dapat membantu mendeteksi berbagai masalah di area parkir. Dari beberapa masalah yang terjadi, ditemukan dua permasalahan utama, yaitu pencurian helm dan penggunaan motor oleh orang yang tidak dikenal identitasnya (Qurrahman et al., 2023). Dengan memanfaatkan kamera ESP32-CAM, kendaraan dapat dikenali secara akurat melalui proses pengolahan citra secara *real-time*, sementara data mengenai ketersediaan parkir dikirim melalui koneksi Wi-Fi. Teknologi ini membantu mengurangi kemacetan serta meningkatkan keamanan dengan merekam aktivitas kendaraan yang masuk dan keluar area parkir.

2.3 Pengertian *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi modern yang menghubungkan berbagai perangkat dan sistem di seluruh dunia melalui internet untuk berbagi data. Perangkat ini, yang sering dilengkapi sensor dan perangkat lunak, dirancang untuk berkomunikasi, mengendalikan, serta bertukar data secara nirkabel. IoT memungkinkan integrasi berbasis jaringan tanpa kabel (*wireless*) dan berkaitan erat dengan konsep *machine-to-machine* (M2M). Perangkat cerdas dengan kemampuan M2M ini dirancang untuk mendukung berbagai aktivitas manusia, sehingga mempermudah pekerjaan dan meningkatkan efisiensi dalam berbagai aspek

kehidupan (Selay et al., 2022). Konsep ini menggambarkan kemampuan suatu objek untuk mengirimkan data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi langsung baik antara manusia maupun antara manusia dan perangkat komputer (Rachmadi, 2020). Tujuan utama teknologi ini adalah memungkinkan manusia untuk mengakses informasi dari berbagai benda, perangkat, atau objek kapan saja dan di mana saja, sehingga dapat membuat keputusan yang tepat berdasarkan data tersebut. IoT memungkinkan koneksi antara manusia dan perangkat seperti ponsel pintar, kendaraan, lampu, alat rumah tangga, hingga keran air. Setiap perangkat dilengkapi sensor dan teknologi jaringan, memungkinkan komunikasi antarperangkat, akses layanan internet, dan interaksi dengan pengguna secara efisien (Utomo, 2020).

Internet of Things (IoT) dapat diartikan sebagai sebuah infrastruktur jaringan global yang menghubungkan objek fisik dan virtual dengan memanfaatkan teknologi pengambilan data dan komunikasi, sehingga memungkinkan interaksi yang efisien antara perangkat untuk pertukaran informasi secara efektif (Utomo, 2020). Diperkirakan miliaran benda fisik akan dilengkapi sensor yang terhubung ke internet melalui jaringan, didukung oleh teknologi seperti sensor tertanam, RFID, jaringan sensor nirkabel, layanan web *real-time*, dan aktualisasi data. IoT sendiri merupakan sistem siber-fisik atau jaringan dari berbagai jaringan. Teknologi ini bekerja dengan memproses dan mentransfer data digital yang diperoleh dari perangkat sensor, seperti RFID, sensor inframerah, hingga GPS. Selain digunakan dalam bisnis, IoT telah diintegrasikan dalam fasilitas tempat tinggal dengan teknologi yang dikenal sebagai *Smart Grid* untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan hidup (Megawati, 2021). *Internet of Things* (IoT) tersusun atas tiga lapisan utama: lapisan fisik, komunikasi, dan aplikasi. Lapisan fisik mencakup perangkat keras seperti sensor, aktuator, mesin, terminal pintar, serta pusat data. Lapisan komunikasi mengintegrasikan perangkat ini melalui jaringan seperti jaringan sensor nirkabel (WSN), teknologi 5G, dan komunikasi antar-mesin (M2M) untuk mendukung proses produksi. Sementara itu, lapisan aplikasi berinteraksi langsung dengan pengguna, memungkinkan kontrol dan pemantauan berbagai aspek sistem IoT dengan mudah dan efisien (Oktaviani et al., 2020).

2.3.1 Manfaat *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) memberikan berbagai manfaat dalam kehidupan sehari-hari, termasuk di lingkungan masjid. Dengan IoT, perangkat dapat terhubung satu sama lain melalui internet, menciptakan sistem yang lebih pintar, efisien, dan otomatis. Salah satu keunggulannya

adalah kemampuannya menyederhanakan tugas-tugas kompleks dan mempercepat prosesnya. IoT juga memungkinkan pengelolaan informasi secara langsung, memberikan keputusan yang berbasis data. Di masjid, penerapan IoT memberikan cara yang efisien untuk mengelola fasilitas, sekaligus meningkatkan kenyamanan bagi jamaah. Dengan menggunakan IoT, pengelolaan berbagai fasilitas dapat dilakukan dengan mudah, memungkinkan pengawasan yang lebih baik, dan pengaturan otomatis yang memperbaiki pengalaman jamaah. Misalnya, pengelolaan parkir kendaraan. Salah satu sistem berbasis IoT yang sangat bermanfaat untuk masjid, terutama yang memiliki jumlah jamaah yang besar dan rutin mengadakan kegiatan seperti salat Jumat, pengajian, dan perayaan hari raya. Sistem ini memungkinkan pengelola masjid untuk memberikan informasi secara langsung mengenai ketersediaan tempat parkir melalui *website* atau layar informasi yang tersedia di area parkir. Teknologi ini tidak hanya mempermudah jamaah dalam mencari tempat parkir, tetapi juga membantu mengelola penggunaan lahan parkir secara lebih efisien. Contoh lain berupa pencahayaan otomatis. Dengan teknologi IoT, sistem pencahayaan di masjid dapat diatur secara otomatis berdasarkan intensitas cahaya sekitar atau keberadaan jamaah. Lampu akan menyala secara otomatis saat lingkungan menjadi gelap atau ketika ada aktivitas, dan akan mati jika tidak ada aktivitas, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan jamaah. Selain itu, pengelola masjid dapat memantau dan mengendalikan pencahayaan di berbagai area melalui aplikasi, menjadikan pengelolaan fasilitas lebih mudah dan praktis. Aplikasi IoT di bidang kesehatan dan pelayanan publik:

- a. Sistem Telemonitoring Kesehatan Berbasis IoT. Meningkatnya jumlah pasien dengan penyakit kronis dan terbatasnya kemampuan rumah sakit dalam memantau kondisi pasien secara langsung mendorong kebutuhan akan sistem pemantauan kesehatan yang dapat mengukur parameter seperti kadar oksigen, detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh secara *real-time*. Sistem ini menggunakan teknologi IoT dengan sensor canggih dan kecerdasan buatan (*fuzzy*) untuk memberikan pemantauan yang lebih efektif dan efisien (Kamajaya et al., 2023).
- b. *Wearable* IoT dalam bidang kesehatan, seperti jam tangan pintar dan gelang kebugaran, memungkinkan pemantauan kondisi kesehatan secara langsung. Alat-alat ini dapat mendeteksi perubahan dalam kondisi tubuh dan meningkatkan akses ke layanan medis dengan mengintegrasikan data ke dalam platform berbasis *cloud*. Dengan demikian, teknologi ini membantu memantau kesehatan individu secara *real-time* dan

memberikan informasi yang diperlukan untuk perawatan yang lebih efisien (Hidayani & Santosa, 2024).

- c. Mobilitas cerdas dalam *Smart City*, seperti penggunaan sensor lalu lintas untuk memantau kepadatan, aplikasi mobile untuk memberikan informasi rute, dan *dashboard* untuk pengelolaan transportasi, telah terbukti efektif. Sistem ini berhasil mengurangi waktu tunggu penumpang rata-rata sebesar 30% dan meningkatkan tingkat kepuasan pengguna transportasi publik hingga 25% dalam sistem transportasi perkotaan (Hidayat, 2024).

2.3.2 Cara Kerja *Internet of Things* (IoT)



Gambar 2. 1 Ilustrasi cara kerja IoT

Sumber: (https://www.nesabamedia.com/docs/i/iot/#google_vignette)

Internet of Things (IoT) adalah suatu sistem yang memungkinkan objek dan individu untuk memiliki identitas unik serta kemampuan untuk mengirimkan data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi langsung antara manusia. Proses ini berjalan otomatis antara perangkat dan sistem, menghilangkan kebutuhan komunikasi manusia-ke-manusia atau manusia-ke-komputer dalam pengiriman data (Junaidi, 2015). Konsep IoT ini bekerja dengan mengandalkan tiga elemen utama dalam arsitektur IoT: benda fisik yang dilengkapi modul IoT, perangkat penghubung ke internet seperti modem dan *router wireless*, serta pusat data *cloud* untuk menyimpan aplikasi dan basis data. Perangkat IoT diidentifikasi dengan memberikan alamat unik yang terhubung ke sistem komputer, yang kemudian diubah menjadi data. Di awal penerapan IoT, identifikasi dilakukan dengan *barcode*, *QR Code*, dan *RFID*, namun kini menggunakan *IP address* untuk komunikasi antar perangkat. Interaksi antar mesin ini berjalan

otomatis, berkat peran internet yang menghubungkan perangkat, sementara manusia berfungsi mengatur dan mengawasi operasionalnya (Efendi, 2018).

2.4 Tinjauan Pustaka Komponen IoT (*Internet of Things*)

Bagian ini membahas komponen-komponen yang digunakan dalam sistem IoT dan meninjau berbagai penelitian-penelitian terkait:

2.4.1 ESP32-CAM

ESP32-CAM merupakan platform yang memungkinkan pemantauan secara *real-time* dengan menggunakan kamera dengan modul Wi-Fi terintegrasi. Untuk mengatur ESP32-CAM, diperlukan perangkat FTDI USB *to* TTL yang berfungsi untuk menghubungkan modul kamera dengan komputer atau laptop, sehingga konfigurasi dapat dilakukan dengan mudah (Setiawan et al., 2022). Modul AIThinker ESP32-CAM dilengkapi dengan *chip* ESP32-S, kamera OV2640 berukuran kecil, dan slot kartu *microSD* untuk menyimpan hasil tangkapan kamera atau file lain. Modul ini secara luas digunakan dalam aplikasi IoT karena memiliki mikrokontroler dengan fitur Wi-Fi terintegrasi dalam *chip*-nya. Hal ini menjadikan modul ESP32-CAM sangat mendukung pengembangan berbagai sistem berbasis IoT, seperti sistem pemantauan, kontrol perangkat, dan aplikasi lainnya yang memanfaatkan jaringan internet. (Fandidarma et al., 2021). Modul ESP32-CAM memiliki beragam fungsi, seperti digunakan untuk CCTV, mengambil gambar, dan lain-lain. Modul ini juga dilengkapi fitur deteksi wajah (*face detection*). Selain itu, ESP32-CAM mendukung pengambilan gambar dan dapat berfungsi sebagai modul Wi-Fi untuk mengirimkan data, menjadikannya sangat fleksibel dan berguna untuk berbagai aplikasi berbasis IoT (Fauzan, 2020).



Gambar 2. 2 ESP 32-CAM

Sumber: (<https://www.arduino.biz.id/2022/08/penjelasan-tentang-esp32-cam.html>)

2.4.2 LCD I2C 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang digunakan untuk menampilkan hasil olahan data, termasuk teks. Untuk mengoperasikan modul LCD, setidaknya dibutuhkan 10 pin, yang biasanya disediakan oleh mikrokontroler atau dapat terhubung melalui port pada komputer (PPI atau LPT). Dari 10 pin tersebut, 2 pin digunakan untuk kontrol status (RS dan E), sedangkan 8 pin sisanya digunakan untuk instruksi atau data karakter. Untuk menyalakan lampu latar LED (*back-light*), pin A dihubungkan ke VCC (5V), sementara pin K dihubungkan ke ground (Wibowo et al., 2018). LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah komponen yang digunakan sebagai media tampilan, dimana kristal cair menjadi elemen utama untuk menampilkan gambar atau teks. Tampilan ini terbentuk dari piksel yang terdiri atas kristal cair yang terhubung dengan cahaya dari lampu fluoresen putih di belakang layar. Ketika arus listrik melalui elektroda kristal cair, efek polarisasi medan magnet terjadi, menyebabkan perubahan warna yang di tampilkan pada layar. Sisten ini memungkinkan tampilan warna tertentu sesuai dengan konfigurasi arus listrik yang mengalir (Girindraswari et al., 2021).



Gambar 2. 3 LCD I2C 20x4

Sumber: (<https://www.sinauprogramming.com/2020/10/simulasi-menampilkan-text-lcd-20x4.html>)

2.5 Kajian Pustaka

Pada penelitian ini, kajian Pustaka digunakan sebagai dasar untuk mendalami dan mendukung analisis mengenai objek yang sedang diteliti.

2.5.1 Penelitian Terdahulu

- a. Penelitian yang dilakukan oleh Alfina R dan Andi Muh. Yusran berjudul “Rancang Bangun Sistem Keamanan Parkir Kendaraan Roda Dua dengan Teknologi *Face Recognition*” (Alfina et al., 2023). Bertujuan meningkatkan efisiensi dan keamanan parkir kendaraan roda dua. Sistem ini memanfaatkan teknologi *face recognition* berbasis algoritma *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) untuk mengidentifikasi wajah pengguna yang terdaftar. Sistem secara otomatis membuka palang parkir untuk wajah yang terverifikasi, sementara akses ditolak bagi wajah yang tidak dikenali. Dilengkapi sensor *Vehicle Loop Detector* (VLD) untuk mendeteksi kendaraan, serta Arduino UNO sebagai pengendali aktuatur palang parkir, sistem ini memproses data wajah menggunakan Python dan library OpenCV. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pengenalan wajah mencapai 80-100% pada kondisi cahaya tertentu, dengan penurunan akurasi akibat *backlight* pada siang hari. Sistem ini mencatat data kendaraan secara sistematis,

memberikan solusi inovatif untuk mencegah pencurian kendaraan di area parkir (Alfina et al., 2023).

- b. Penelitian yang dilakukan oleh Joni Riyanto dan Asep Wasid berjudul “Perancangan Alat Bantu Parkir Mobil Berbasis ESP32-CAM dan Sensor Jarak VL530L0X menggunakan VLC (Riyanto & Wasid, 2023). Bertujuan mempermudah pengemudi, terutama mobil keluaran lama, saat parkir mundur. Sistem ini menggunakan sensor jarak VL53L0X untuk mendeteksi objek atau penghalang, dengan hasil yang divisualisasikan melalui OLED dan suara *buzzer* sebagai peringatan. Selain itu, ESP32-CAM digunakan untuk menangkap gambar kondisi belakang mobil dan menampilkan visual melalui aplikasi VLC, sehingga dapat mencegah benturan dengan lebih efektif (Riyanto & Wasid, 2023).
- c. Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Dendi Ardana, Dedy Hartama, Anjar Wanto, Solikhun, dan Sundari Putri Lestari berjudul “Implementasi Sistem Keamanan Parkir Kendaraan Menggunakan Sensor Jarak HC-SR04 dan Kamera Cerdas Protokol MQTT dengan Telegram” (Ardana et al., 2023). Bertujuan meningkatkan keamanan di area parkir kendaraan. Sistem ini menggunakan teknologi IoT dengan sensor ultrasonik HC-SR04 dan ESP32-CAM untuk mendeteksi objek atau orang asing di area parkir. Notifikasi *real-time* dikirimkan melalui Telegram kepada pemilik kendaraan, memungkinkan tindakan antisipasi untuk mencegah potensi pencurian kendaraan (Ardana et al., 2023).
- d. Penelitian yang dilakukan oleh Khairina Auliya, Meqorry Yusfi, dan Rahmat Rasyid berjudul “Sistem Pemantauan Slot Parkir Menggunakan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T dan Pengenalan Plat Nomor Kendaraan dengan ESP32-CAM” (Auliya et al., 2023). Bertujuan untuk merancang prototipe sistem pemantauan parkir yang memudahkan pengguna dalam mengakses informasi slot parkir secara jarak jauh. Sistem ini menggunakan modul ESP32-CAM yang terintegrasi dengan Arduino Mega 2560 dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kendaraan. Dengan memanfaatkan Telegram sebagai platform komunikasi, sistem ini memberikan informasi *real-time* mengenai ketersediaan slot parkir. Sistem juga mendukung pembukaan palang otomatis serta pengenalan plat nomor kendaraan menggunakan metode OCR, menawarkan efisiensi dan kenyamanan bagi pengguna di area parkir dengan kepadatan tinggi (Auliya et al., 2023).

- e. Penelitian yang dilakukan oleh Deva Nupita Sari, Bentar Priyopradono, dan Aden Fitrah Putra Akhit berjudul” Analisis dan Perancangan Sistem *Smart Parking* Berbasis RFID dengan penggunaan Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) untuk mengurangi Risiko Pencurian Kendaraan” (Sari et al., 2024). Bertujuan untuk merancang sistem parkir cerdas berbasis IoT dan RFID menggunakan KTM. Sistem ini meningkatkan keamanan dan efisiensi parkir di Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH (UNIHAZ) dengan memanfaatkan RFID untuk membaca KTM saat pengguna memasuki area parkir. Kontrol gerbang dilakukan melalui mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan Wi-Fi dan *Bluetooth*. Selain itu, kamera di gerbang parkir berfungsi untuk memotret kendaraan yang masuk dan keluar, memberikan lapisan keamanan tambahan untuk mencegah pencurian kendaraan. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini berhasil meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan efisiensi dalam pengelolaan parkir (Sari et al., 2024).

Perbedaan antara penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat dari komponen yang digunakan serta pendekatan yang diterapkan dalam masing-masing penelitian. Setiap penelitian memiliki cara pendekatan yang berbeda dalam pelaksanaannya, disesuaikan dengan tujuan dan fokus yang ingin dicapai. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, perbandingan ini akan disajikan dalam Tabel 2.1 yang memuat informasi penting terkait aspek-aspek yang dibandingkan pada setiap penelitian.

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian	<i>Microcontroller</i>	<i>Hardware</i> (kamera)	<i>Software</i>	Tempat Penelitian
(Alfina et al., 2023)	Arduino UNO	Webcam	Python, OpenCV	Laboratorium Teknik Mekatronika dan Sistem Otomasi Jurusan Teknik Mesin PNUP dan Laboratorium Riset Pascasarjana PNUP
(Riyanto & Wasid, 2023)	NodeMCU 8266, ESP32-CAM	ESP32-CAM	VCL Media Player, Arduino IDE	-
(Ardana et al., 2023)	NodeMCU 8266, ESP32-CAM	ESP32-CAM tipe OV 2640	Fritzing, Arduino IDE, Visual Studio Code	Tempat parkir Masjid Nurul Iman Huta Sidorejo
(Auliya et al., 2023)	Arduino Mega 2560, ESP32-CAM	ESP32-CAM tipe OV 2640	Telegram, Web Server, Roboflow, OCR	-
(Sari et al., 2024)	ESP32	ESP32-CAM	Arduino IDE, XAMPP, Visual Studio Code, Telegram, Web Browser	Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH

Tabel 2.1 memberikan gambaran mengenai komponen yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. Beberapa penelitian memanfaatkan kamera ESP32-CAM, namun terdapat perbedaan signifikan pada jenis perangkat keras lain yang digunakan, serta variasi perangkat lunak yang diterapkan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap penelitian menggunakan metode yang berbeda sesuai dengan tujuan dan kebutuhan yang ingin di capai.

Tabel 2. 2 Perbandingan Mikrokontroler

Model	<i>Operating Voltage</i>	Digital Pins	Analog Input Pins	<i>Clock Speek</i>	Wi-Fi
Arduino Mega 2560	5V	54	16	16 MHz	Tidak Ada
Arduino UNO	5V	14	6	16 MHz	Tidak Ada
ESP32-CAM	5V	34	6	16 MHz	Ada
ESP32	3.3V	34	18	240 MHz	Ada
NodelMCU 8266	3.3V	11	1	80 MHz	Ada

Tabel 2.2 membandingkan berbagai mikrokontroler yang telah digunakan dalam penelitian terdahulu. Jika dibandingkan dengan ESP8266, ESP32 maupun ESP32-CAM memiliki keunggulan seperti jumlah pin I/O yang lebih banyak dan prosesor yang lebih cepat. Selain itu, meskipun ketiganya sudah dilengkapi dengan fitur Wi-Fi bawaan, ESP32-CAM memiliki kelebihan tambahan karena telah terintegrasi dengan modul kamera. Perbedaan lainnya terletak pada *operating voltage*, di mana ESP32 bekerja pada tegangan 3.3V, sedangkan ESP32-CAM dapat menerima 5V karena memiliki regulator internal. Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, ESP32-CAM dipilih dalam penelitian ini karena lebih efisien dan sesuai untuk mendukung pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

Tabel 2. 3 Perbandingan Kamera

Model	<i>Operating Voltage</i>	Kegunaan	Konektivitas
ESP32-CAM	5V	Pengawasan, mendeteksi kendaraan	Wi-Fi, <i>Bluetooth</i>
Webcam	5V	Penampilan gambar wajah	USB

Tabel 2.3 memberikan gambaran perbandingan kamera yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. Penelitian ini memilih ESP32-CAM karena kemampuannya dalam mendeteksi kendaraan kendaraan melewati pintu masuk dan keluar. Kamera ini memiliki beberapa kelebihan, termasuk kemampuan integrasinya dengan teknologi jaringan Wi-Fi bawaan yang memungkinkan pengiriman data secara nirkabel dan didukung oleh mikrokontroler ESP32 untuk memproses gambar secara langsung. Dengan kemampuan deteksi

dan analisis secara *real-time*, ESP32-CAM menjadi solusi yang efisien dan andal untuk pengembangan sistem parkir berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT).

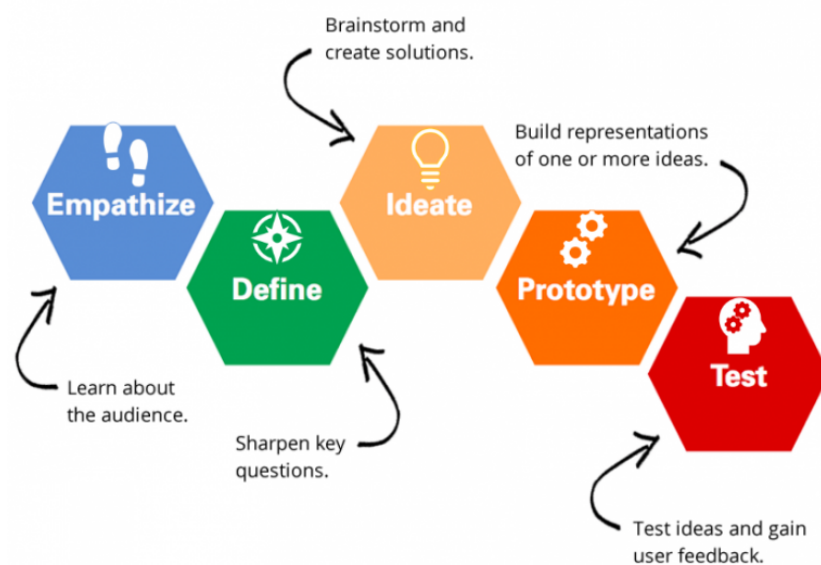
2.6 Pengujian *Black Box*

Pengujian sistem adalah langkah penting yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan yang mungkin ada dalam sistem yang telah dibangun. Hal ini dilakukan untuk mengurangi potensi kerugian yang dapat ditimbulkan akibat adanya kesalahan dalam sistem tersebut. Pada saat melakukan pengujian, penting untuk mengidentifikasi kesalahan yang ada dalam sistem. Kesalahan yang terdeteksi sebelumnya perlu diperbaiki selama pengujian agar dapat meningkatkan kualitas sistem, menjadikannya lebih optimal dan efektif. Pengujian *black box* merupakan jenis pengujian fungsional yang dilakukan berdasarkan spesifikasi klien, dimana pengujian tidak memiliki akses ke kode sumber sistem yang diuji. *Black box testing* dikenal sebagai pengujian berbasis perilaku, dimana penguji tidak mengetahui struktur internal atau logika perangkat lunak yang diuji. Pengujian ini mengacu pada spesifikasi kebutuhan tanpa memerlukan analisis terhadap kode. Proses pengujian dilakukan dari perspektif pengguna akhir. Terdapat berbagai metode dalam *Black box testing*, diantaranya seperti partisi, analisis nilai batas, grafik penyebab-efek, pengujian *orthogonal array*, pengujian transisi negara, dan *fuzzing*. Selain itu, *black box testing* memiliki sejumlah keuntungan dan kelemahan dalam penerapannya. Salah satu keuntungannya adalah kemampuannya untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang belum terpenuhi dari spesifikasi kebutuhan yang diberikan dalam pengembangan perangkat lunak. Namun, kelemahannya adalah pengujian tidak dapat dilakukan secara menyeluruh karena pengetahuan penguji terbatas tentang perangkat lunak yang diuji (Praniffa et al., 2023).

2.7 *Human-Centered-Design* (HCD)

Design thinking adalah pendekatan yang menekankan pada pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna. Metode ini menggabungkan kebutuhan pengguna dengan perkembangan teknologi terkini, sehingga dapat memberikan solusi yang tepat dan efektif untuk masalah yang dihadapi pengguna. *Design thinking* diterapkan untuk menemukan solusi optimal dalam menyelesaikan permasalahan yang kompleks. Pendekatan ini mengutamakan pemikiran menyeluruh untuk mencapai penyelesaian yang holistik. Prosesnya melibatkan pemikiran yang komperhensif dalam merancang solusi yang efektif, fungsi utama dari *design thinking* adalah menyelesaikan masalah, serta merumuskan dan merancang solusi bagi masalah

tersebut. Kunci dari proses ini adalah empati terhadap pengguna untuk menemukan kebutuhan yang belum terpenuhi dan memberikan solusi yang inovatif. Alat utama yang digunakan dalam metode *design thinking* untuk mencari solusi adalah *Double-Diamond* dan *Human-Centered-Design* (Maulana et al., 2024). *Human-Centered-Design* adalah sebuah pendekatan interaktif dalam desain yang bertujuan untuk menciptakan sistem yang bermanfaat dan mudah digunakan dengan memprioritaskan kebutuhan pengguna. Pendekatan ini mengintegrasikan faktor manusia, prinsip ergonomi, serta pengetahuan dan teknik yang relevan dengan kegunaan. *Human-Centered-Design* hanya dapat mengelola pengalaman pengguna yang berasal dari elemen-elemen yang telah dirancang dalam sistem interaktif (Santosa, 2021).



Gambar 2. 4 Tahapan *Human-Centered-Design*

Sumber: (<https://medium.com/@marianababan/why-human-centered-design-is-important-127dd11d8452>)

Gambar 2.4 menunjukkan tahapan *Human-Centered-Design* yang bersifat interaktif, (Santosa, 2021) yaitu:

1. Memahami dan mendefinisikan konteks pengguna.
2. Mengidentifikasi kebutuhan pengguna.
3. Mengembangkan solusi desain.
4. Mengevaluasi solusi desain.

Adapun tahapan-tahapan fase yang diterapkan dalam pendekatan *Human-Centered-Design* (HCD) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Empathize* (Memahami Pengguna)

Pada tahapan ini, fokus utama adalah memahami kebutuhan dan pengalaman pengguna secara menyeluruh. Penulis mengumpulkan informasi melalui observasi langsung dan interaksi dengan pengguna, seperti wawancara dan diskusi, untuk memahami tantangan serta keinginan mereka secara mendalam.

2. *Define* (Merumuskan Masalah)

Setelah data terkumpul, tahapan selanjutnya adalah menganalisis informasi tersebut guna merumuskan masalah yang akan diselesaikan. Pada tahap ini, penulis menetapkan masalah utama secara jelas dan terperinci sebagai dasar dalam merancang solusi yang relevan dan efisien. Rumusan masalah yang disusun kemudian dikonfirmasi kembali kepada pengguna untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan nyata di lapangan.

3. *Ideate* (Memberikan Solusi)

Pada tahapan ini, penulis berfokus pada penciptaan berbagai alternatif solusi untuk mengatasi masalah yang telah didefinisikan sebelumnya. Proses ini melibatkan sesi kreatif guna mengeksplorasi banyak ide inovatif yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna, serta mempertimbangkan berbagai kemungkinan solusi yang dapat diimplementasikan. Pengguna dilibatkan untuk memberikan tanggapan terhadap ide-ide awal yang ditawarkan sebelum pemilihan solusi terbaik dilakukan.

4. *Prototype* (Pembangunan Prototipe)

Pada tahapan ini, penulis menciptakan model atau prototipe dari solusi yang dipilih. Prototipe ini dapat berupa rancangan awal atau bentuk sederhana yang dirancang untuk diuji dan dianalisis lebih lanjut dalam mengevaluasi keefektifannya. Prototipe ditujukan kepada pengguna untuk mendapatkan umpan balik awal sebelum dilakukan penyempurnaan lebih lanjut.

5. Uji Coba dan Evaluasi

Setelah prototipe selesai, dilakukan pengujian dan evaluasi untuk menilai apakah solusi yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna. Pengguna berpartisipasi langsung dalam proses ini untuk memberikan masukan berdasarkan pengalaman penggunaan antarmuka yang dirancang. Hasil pengujian digunakan sebagai umpan balik untuk menyempurnakan prototipe, sehingga solusi yang dihasilkan benar-bener efektif.

2.8 *System Usability Scale (SUS)*

Saat ini, aspek *usability* atau kemudahan dalam menjadi salah satu elemen krusial dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, terutama dalam bidang desain yang berkaitan dengan ilmu komputer dan teknologi informasi. Untuk memastikan sistem memiliki performa yang optimal, diperlukan pengujian langsung oleh pengguna akhir. Hasil dari proses evaluasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan sistem ke depannya.

Secara umum, *usability* berkaitan dengan sejauh mana antarmuka sistem dapat digunakan secara efektif dan efisien oleh pengguna. Perancangan sistem yang terstruktur dengan baik akan mendukung terciptanya antarmuka yang ramah pengguna dan mudah dipahami. Antarmuka yang dirancang secara optimal tidak hanya mempermudah interaksi, tetapi juga mampu meningkatkan kenyamanan dan kepuasan pengguna, bahkan mendorong mereka untuk kembali menggunakan layanan, seperti mengunjungi *website* yang sama. Sebaliknya, antarmuka yang dirancang dengan buruk berpotensi menimbulkan rasa frustrasi dan ketidakpuasan pengguna. Kondisi ini dapat berdampak langsung terhadap tingkat kunjungan ulang, bahkan mengurangi presentasi penggunaan kembali hingga 40%

System Usability Scale (SUS) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi aspek kebergunaan (*usability*) suatu aplikasi melalui sepuluh pernyataan yang dirancang untuk merepresentasikan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Metode ini bertujuan memberikan penilaian yang cepat, sederhana, namun tetap dapat diandalkan dalam mengukur sejauh mana aplikasi dianggap berguna oleh penggunanya. Pengujian dengan pendekatan SUS menitikberatkan pada persepsi pengguna akhir sehingga hasil yang diperoleh cenderung lebih mencerminkan kondisi penggunaan di lapangan. Keunggulan utama dari metode ini adalah kemudahannya untuk dipahami oleh responden, serta kemampuannya dalam menghasilkan informasi apakah suatu sistem layak digunakan dari sisi kebergunaan (Nugroho et al., 2022).

2.9 *You Only Look Once versi 8 (YOLOv8)*

Salah satu inovasi terkini dalam bidang deteksi objek adalah penerapan *deep learning* dalam metode *You Only Look Once (YOLO)* (Hayati et al., 2023). *You Only Look Once (YOLO)* merupakan salah satu pendekatan *convolution neural network (CNN)* untuk melakukan deteksi objek dengan segmentasi gambar, yang pertama kali diperkenalkan oleh

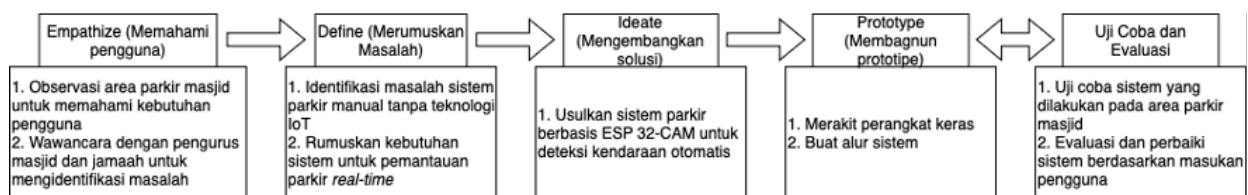
Joseph Redmon dan Ali Farhadi di Universitas Washington pada tahun 2015. Versi terbarunya, YOLOv8 dikembangkan oleh *Ultralytics* dan menghadirkan pembaruan signifikan dalam teknologi deteksi objek dengan menambahkan fitur-fitur baru untuk meningkatkan performa serta fleksibilitas penggunaannya. YOLOv8 dirancang untuk mendukung berbagai tugas di bidang kecerdasan buatan, seperti deteksi objek, segmentasi estimasi pose, pelacakan, hingga klarifikasi, sehingga dapat diaplikasikan pada beragam kebutuhan dan sektor. Sebagai model *real-time* terkini, *Ultralytics* YOLOv8 menggabungkan perkembangan terbaru dalam pembelajaran mendalam menggunakan (*deep learning*) dan visi komputer (*computer vision*) untuk memberikan hasil yang optimal (Armin et al., 2023). Pada penelitian ini digunakan algoritma YOLO generasi terbaru, yaitu YOLOv8, untuk menguji kemampuan serta fitur-fitur barunya. Salah satu fitur unggulan dari YOLOv8 adalah *State-of-the-Art framework* yang dirancang agar kompatibel dengan seluruh versi YOLO sebelumnya. Pemanfaatan YOLOv8 diharapkan mampu menghasilkan kinerja deteksi dan perhitungan jumlah kendaraan yang lebih optimal, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam membangun sistem demi meningkatkan efektivitas operasional suatu instansi (Hayati et al., 2023).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Human-Centered-Design* (HCD) untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang sesuai dengan kebutuhan pengguna, yaitu jamaah masjid dan pengelola parkir. Sistem ini befokus pada pengelolaan kapasitas parkir menggunakan kamera berbasis ESP32-CAM yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT). Dengan HCD, penelitian ini fokus pada pemahaman mendalam terhadap pengguna, perumusan masalah yang tepat, serta pengembangan solusi berbasis teknologi. Penelitian ini megutamakan pemantauan ketersediaan tempat parkir kendaraan secara *real-time* dengan memanfaatkan kamera berbasis ESP32-CAM yang terhubung ke internet. Data yang diperoleh dari kamera tersebut akan diproses menggunakan algoritma pemrosesan citra digital untuk menghitung ketersediaan tempat parkir kendaraan dan kemudian mengirimkan hasilnya secara otomatis ke server yang telah disiapkan untuk memberikan informasi yang akurat kepada jamaah dan pengelola parkir.

Bab ini menjelaskan beberapa tahapan utama yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini. Tahapan-tahapan tersebut akan menjadi panduan yang digunakan dalam menjalankan penelitian, agar prosesnya tetap terarah dan terstruktur. Untuk memastikan penelitian ini berjalan sesuai dengan tujuan, diperlukan tahapan-tahapan yang sistematis. Berikut alur pelaksanaan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 .



Gambar 3. 1 Tahapan Utama Pelaksanaan Penelitian

a. *Empathize* (Memahami Pengguna)

Pada tahap awal penelitian, dilakukan observasi di masjid untuk memperoleh data yang relevan mengenai kondisi area parkir. Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang situasi di lapangan. Selain itu, penulis juga melakukan wawancara dengan 2 kelompok responden, yaitu pengurus masjid dan

jamaah. Dari pengurus masjid, wawancara dilakukan bersama Bapak Jumardi selaku takmir masjid dan Bapak Egi selaku pengurus masjid, sedangkan dari jamaah wawancara dilakukan bersama Bapak Amanto, Bapak Suparman, dan Bapak Junaedi. Wawancara ini dilaksanakan secara terpisah antara pengurus masjid dan jamaah sehingga terdapat dua kali proses pengumpulan informasi. Wawancara dengan pengurus masjid difokuskan untuk mendapatkan wawasan tentang tantangan dalam pengelolaan kapasitas parkir, sementara wawancara dengan jamaah bertujuan untuk menggali pandangan dan kebutuhan mereka terkait fasilitas parkir yang tersedia. Fokus utama adalah mendalami masalah yang sering terjadi, seperti kesulitan mencari tempat parkir dan minimnya informasi kapasitas parkir secara *real-time*. Data dan informasi yang diperoleh dari observasi serta wawancara ini berfungsi sebagai dasar yang penting dalam merencanakan dan melaksanakan sistem perhitungan ketersediaan tempat parkir kendaraan.

b. *Define* (Merumuskan Masalah)

Setelah data awal dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah yang ada terkait dengan sistem parkir yang belum menggunakan teknologi apapun, termasuk teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi kendaraan atau mengelola kapasitas parkir. Kurangnya sistem yang terintegrasi ini menyebabkan pengelolaan parkir menjadi tidak efisien, mengarah pada ketidaknyamanan bagi jamaah dan berpotensi menyebabkan masalah pengaturan parkir yang lebih besar. Tahapan ini dilakukan dengan menganalisis hasil observasi dan wawancara, kemudian merumuskan masalah utama secara jelas dan terperinci sebagai dasar dalam merancang solusi yang relevan dan efisien. Rumusan masalah tersebut juga dikonfirmasi kembali kepada pengguna yaitu Bapak Jumardi dan Bapak Egi selaku pengurus masjid melalui satu kali pertemuan untuk memastikan bahwa rumusan masalah yang disusun benar-benar sesuai dengan kebutuhan nyata di lapangan. Dalam merumuskan masalah ini, penulis mengidentifikasi perlu diterapkannya sistem parkir berbasis IoT yang dapat mendeteksi kendaraan secara otomatis dan menyediakan informasi ketersediaan tempat parkir kendaraan secara *real-time*, guna meningkatkan efisiensi pengguna ruang parkir dan kenyamanan bagi jamaah. Dengan merumuskan secara tepat, penelitian ini dapat fokus pada solusi yang relevan dan efektif dalam mengatasi permasalahan yang ada.

c. *Ideate* (Memberikan Solusi)

Pada tahapan ini, Solusi yang digunakan untuk mengatasi merumuskan masalah yang telah dilakukan sebelumnya adalah penerapan sistem parkir berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan kamera ESP32-CAM. Sistem ini berfungsi untuk memantau kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir masjid secara otomatis, serta menghitung jumlah kendaraan yang terparkir. Selain itu, sistem ini dirancang untuk mengetahui informasi dalam area parkir. Dalam proses ini, pengguna turut dilibatkan untuk memberikan masukan terhadap ide awal sistem yang dirancang, sehingga solusi yang dikembangkan dapat lebih tepat sasaran dan sesuai harapan pengguna. Diskusi dilakukan satu kali bersama Bapak Jumardi dan Bapak Egi selaku pengurus masjid. Tujuan dari solusi ini adalah untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir dan memberikan kenyamanan bagi jamaah dalam mengetahui informasi slot parkir.

d. *Prototype* (Pembangunan Prototipe)

Pada tahapan ini, sistem dirancang berdasarkan hasil memberikan solusi yang telah dilakukan sebelumnya. Proses ini dimulai dengan merakit perangkat keras, yang mencakup penggabungan komponen seperti kamera dan perangkat IoT. Kamera ESP32-CAM dimanfaatkan sebagai alat untuk menangkap citra kendaraan yang masuk maupun keluar dari area parkir masjid. Citra tersebut kemudian diproses secara otomatis oleh sistem dengan menerapkan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk mendeteksi kendaraan beserta status pergerakannya. Selanjutnya, diagram alur proses sistem juga dibuat untuk menggambarkan interaksi antara komponen serta alur pengolahan data dari kamera ke server, sehingga sistem dapat berfungsi secara terintegrasi dan efisien. Dalam proses perancangan ini, pengguna juga berkontribusi secara langsung dengan meninjau dan memberikan masukan terhadap rancangan awal sistem, guna memastikan prototipe yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna. Peninjauan dilakukan oleh Bapak Jumardi dan Bapak Egi sebanyak dua kali, yaitu peninjauan rancangan tampilan LCD, dan peninjauan rancangan tampilan *website* yang akan menampilkan informasi jumlah slot parkir yang tersedia untuk sepeda motor dan mobil, total slot parkir kendaraan, waktu masuk dan keluar kendaraan, serta status kendaraan (masuk atau keluar). Dua peninjauan tersebut, diberikan masukan perbaikan prototipe sesuai dengan kebutuhan pengguna.

e. Uji Coba dan Evaluasi

Tahap uji coba dan evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang berfungsi dengan baik. Uji coba dilakukan di area parkir masjid untuk mengamati bagaimana sistem dapat menghitung jumlah kendaraan secara akurat dan berjalan dengan lancar tanpa kendala. Pada tahap pengujian ini, pengurus masjid yaitu Bapak Jumardi (takmir masjid) dan Bapak Egi (pengurus masjid) dilibatkan secara aktif, dengan memberikan umpan balik berdasarkan pengalaman mereka dalam mengamati hasil deteksi kendaraan, tampilan LCD, dan penggunaan antarmuka *website* secara langsung. Proses pengujian dilakukan sebanyak 3 kali agar hasilnya lebih konsisten. Setiap masukan dari pengurus dapat dijadikan dasar perbaikan, dan apabila ditemukan kendala, sistem akan diperbaiki dan dioptimalkan agar sesuai dengan kebutuhan awal. Masukan dari pengguna akan dijadikan panduan dalam proses penyempurnaan sistem.

3.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Untuk memastikan pengembangan sistem dapat berjalan secara efektif, langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi kebutuhan sistem. Tahap ini penting untuk menentukan kebutuhan teknis dan fungsional yang akan mempermudah proses pengembangan sistem agar lebih efisien dan terarah.

3.1.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional ini diterapkan untuk membantu mendefinisikan fitur dan proses yang diperlukan oleh sistem yang akan dirancang. Berikut adalah beberapa kebutuhan fungsional dari sistem parkir berbasis IoT yang dilengkapi dengan kamera ESP32-CAM:

- a. Sistem Mampu Mendeteksi Kendaraan yang Masuk dan Keluar dengan Menggunakan Kamera ESP32-CAM dan Pemrosesan Citra Digital

Sistem akan menggunakan kamera ESP32-CAM yang dipasang pada pintu masuk dan keluar area parkir. Kamera ini berfungsi untuk menangkap citra kendaraan yang melintasi area tersebut, baik saat memasuki maupun keluar dari lahan parkir. Citra yang diambil akan dianalisis menggunakan teknologi pemrosesan citra digital untuk mengidentifikasi jenis kendaraan, seperti mobil ataupun sepeda motor. Analisis ini dilakukan secara otomatis dengan menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python

untuk mendeteksi kendaraan beserta status pergerakannya berdasarkan citra yang ditangkap.

- b. Sistem Dapat Menghitung Jumlah Kendaraan yang Datang Memasuki dan Meninggalkan Area Parkir

Dengan adanya citra dari kamera, sistem akan secara otomatis menghitung jumlah kendaraan yang masuk dan keluar. Kamera ESP32-CAM berfungsi menangkap citra kendaraan dan mengirimkan ke server. Citra yang diterima kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk mendeteksi kendaraan beserta status pergerakannya secara otomatis. Informasi hasil deteksi disimpan di basis data, dan digunakan untuk memantau ketersediaan tempat parkir kendaraan secara *real-time*.

3.1.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras dirancang untuk menjelaskan perangkat-perangkat yang diperlukan guna mendukung pengoperasian sistem deteksi ketersediaan tempat parkir kendaraan berbasis kamera di masjid. Berikut adalah daftar komponen perangkat keras yang akan digunakan dalam pengembangan sistem ini:

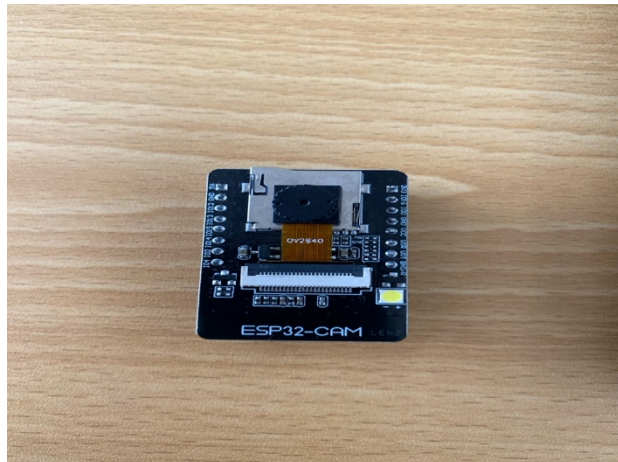
Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Keras

No	Nama Alat	Jumlah
1	ESP32-CAM	1
2	Kabel Jumper	6
3	<i>Breadboard</i>	1
4	LCD I2C 20x4	1
5	Adaptor 5V 2A	1
6	MB-102 <i>breadboard power suplay module (red)</i>	1

- a. Sistem Dilengkapi dengan Kamera

Pada sistem ini, digunakan komponen kamera ESP32-CAM untuk menangkap dan memantau kondisi kendaraan yang melintas di pintu masuk dan keluar area parkir masjid. Kamera ini terhubung melalui jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan data citra secara langsung ke server. Keunggulan ESP32-CAM terletak pada integrasi modul kamera dengan konektivitas Wi-Fi, sehingga memudahkan dalam pengumpulan data

secara efisien. Citra yang dikirimkan kemudian akan dianalisis menggunakan algoritma pemrosesan citra digital untuk menentukan status parkir kendaraan.



Gambar 3. 2 ESP32-CAM

Gambar 3.2 memperlihatkan kamera yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu ESP32-CAM

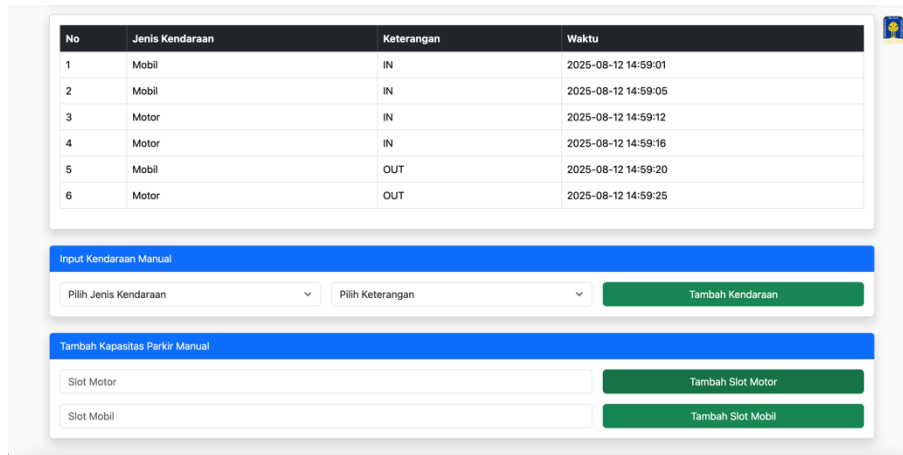
b. Sistem Dilengkapi Basis Data

Sistem ini akan menggunakan basis data yang berfungsi untuk mencatat informasi mengenai kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir masjid, sehingga kapasitas yang tersedia dapat dihitung dengan tepat. Untuk penyimpanan data, peneliti memilih menggunakan Firebase. Platform ini dipilih karena menawarkan penyimpanan data secara langsung atau *real-time* yang dapat diakses melalui antarmuka *website*.

Sistem Parkir Masjid			
Kapasitas maksimal mobil: 7 Kapasitas maksimal motor: 10			
Kapasitas Parkir			
Mobil		Motor	
1 / 7 Terisi		1 / 10 Terisi	
Sisa Slot: 6		Sisa Slot: 9	
No	Jenis Kendaraan	Keterangan	Waktu
1	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:01
2	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:05
3	Motor	IN	2025-08-12 14:59:12
4	Motor	IN	2025-08-12 14:59:16
5	Mobil	OUT	2025-08-12 14:59:20
6	Motor	OUT	2025-08-12 14:59:25

Gambar 3. 3 Menampilkan Antarmuka *Website*.

Gambar 3.3 menampilkan antarmuka *website* yang digunakan dalam penelitian ini.



No	Jenis Kendaraan	Keterangan	Waktu
1	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:01
2	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:05
3	Motor	IN	2025-08-12 14:59:12
4	Motor	IN	2025-08-12 14:59:16
5	Mobil	OUT	2025-08-12 14:59:20
6	Motor	OUT	2025-08-12 14:59:25

Input Kendaraan Manual

Pilih Jenis Kendaraan ▼ Pilih Keterangan ▼ Tambah Kendaraan

Tambah Kapasitas Parkir Manual

Slot Motor Tambah Slot Motor

Slot Mobil Tambah Slot Mobil

Gambar 3. 4 Menampilkan Antarmuka *Website*.

Gambar 3.4 menampilkan antarmuka *website* yang digunakan dalam penelitian ini.

3.2 Rancangan Sistem IoT

Penelitian ini merupakan pengembangan dari sistem terdahulu yang hanya mampu mendeteksi objek menggunakan sensor ultrasonik. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi komponen dengan mengganti sensor tersebut menggunakan kamera ESP32-CAM yang berfungsi untuk menangkap citra kendaraan, seperti mobil maupun sepeda motor. Citra tersebut kemudian dianalisis menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python, sebagai bagian dari pemrosesan citra digital untuk mengidentifikasi jenis kendaraan beserta status pergerakannya. Sistem ini dirancang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau ketersediaan tempat parkir kendaraan secara *real-time*, yang terintegrasi dengan teknologi pemrosesan citra.

3.2.1 Komponen Inti Sistem IoT

a. ESP32-CAM (Kamera)

ESP32-CAM digunakan untuk menangkap citra kendaraan yang keluar-masuk area parkir. Citra yang diperoleh dikirim ke server dan dianalisis menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python, sebagai bagian dari pemrosesan citra digital untuk mengidentifikasi jenis kendaraan apakah itu motor ataupun mobil beserta status pergerakannya. ESP32-CAM juga terhubung dengan jaringan IoT melalui koneksi Wi-Fi, sehingga memungkinkan pengiriman data secara nirkabel ke server.

b. Platform *Internet of Things* (IoT)

ESP32-CAM akan terhubung ke platform IoT yang berfungsi untuk mengelola komunikasi antara perangkat keras (kamera) dan perangkat lunak (server). Data yang dikirimkan oleh kamera akan diteruskan secara *real-time* ke server, kemudian diproses menggunakan algoritma pemrosesan citra digital, yaitu YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk mendeteksi kendaraan beserta status pergerakannya.

c. Server dan Pemrosesan Citra

Citra yang dikirimkan oleh ESP32-CAM akan diterima oleh server untuk diproses lebih lanjut. Server ini menjalankan algoritma pemrosesan citra digital berbasis YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python. Algoritma tersebut bertugas mengidentifikasi jenis kendaraan yang tertangkap kamera, apakah itu kendaraan berupa motor ataupun mobil beserta status pergerakannya. Hasil dari analisis ini disimpan di dalam database.

d. Basis Data, *Website*, dan LCD

Data yang telah diproses disimpan dalam basis data, yang mengelola informasi terkait ketersediaan tempat parkir kendaraan. Informasi tersebut kemudian disajikan melalui *website* yang digunakan oleh pengelola parkir untuk memantau kondisi area parkir, sementara jamaah dapat mengetahui informasi slot parkir secara langsung. Informasi yang diberikan seperti jenis kendaraan, ketersediaan slot parkir kendaraan, total slot kendaraan, waktu masuk dan keluar, status kendaraan (masuk atau keluar) ditampilkan secara *real-time* melalui *website* dan LCD.

3.2.2 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem IoT ini terdiri dari beberapa komponen yang terintegrasi, yang menggambarkan bagaimana sistem bekerja mulai dari pengambilan gambar hingga pemrosesan data dan penyajiannya di *website*.

a. Pengambilan Gambar oleh ESP32-CAM

Kamera ESP32-CAM dipasang pada pintu masuk dan keluar area parkir untuk menangkap citra kendaraan yang keluar dan masuk. Citra tersebut dikirim melalui jaringan IoT ke server pusat untuk diproses lebih lanjut.

b. Pemrosesan Citra di Server

Citra yang diterima oleh server diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python sebagai bagian dari pemrosesan citra digital. Algoritma ini mampu mengenali jenis kendaraan seperti sepeda motor ataupun mobil beserta status pergerakannya berdasarkan gambar yang ditangkap oleh kamera.

c. Pengiriman Data ke Basis Data

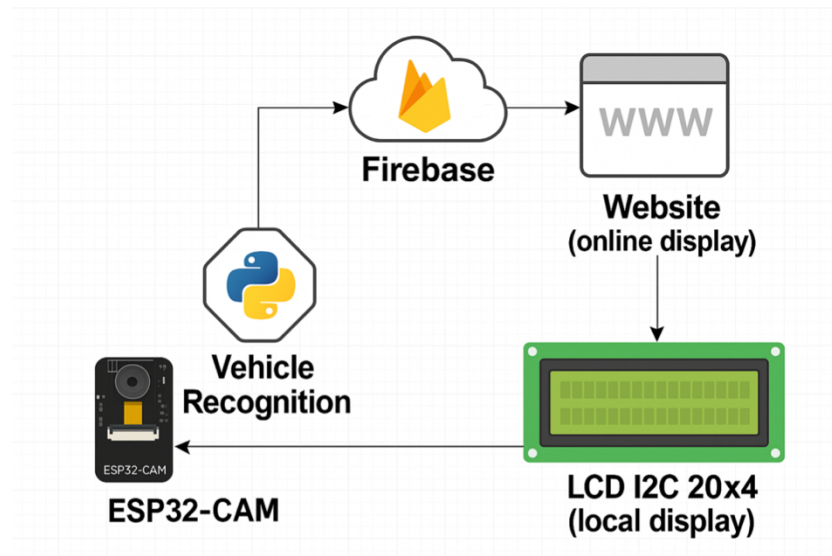
Setelah dianalisis, data hasil identifikasi disimpan dalam basis data. Basis data ini menyimpan informasi tentang jumlah kendaraan yang berada di area parkir, jenis kendaraan yang keluar dan masuk, serta status kendaraan (masuk atau keluar).

d. *Website* dan LCD

Informasi yang ada dalam basis data akan ditampilkan melalui *website* yang dapat diakses oleh pengelola parkir, serta layar LCD yang berguna bagi jamaah untuk mengetahui informasi terkait slot parkir. *Website* dan layar LCD akan menampilkan informasi *real-time* terkait slot parkir secara lengkap.

3.2.3 Gambaran Kerja Sistem

Perancangan sistem ini memanfaatkan modul ESP32-CAM sebagai alat utama untuk menangkap citra kendaraan, selanjutnya dianalisis menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk mendeteksi kendaraan beserta status pergerakannya secara otomatis. Output informasi ditampilkan melalui *website* dan layar LCD I2C 20x4. Visualisasi skema dibuat dengan menggunakan platform draw.io.

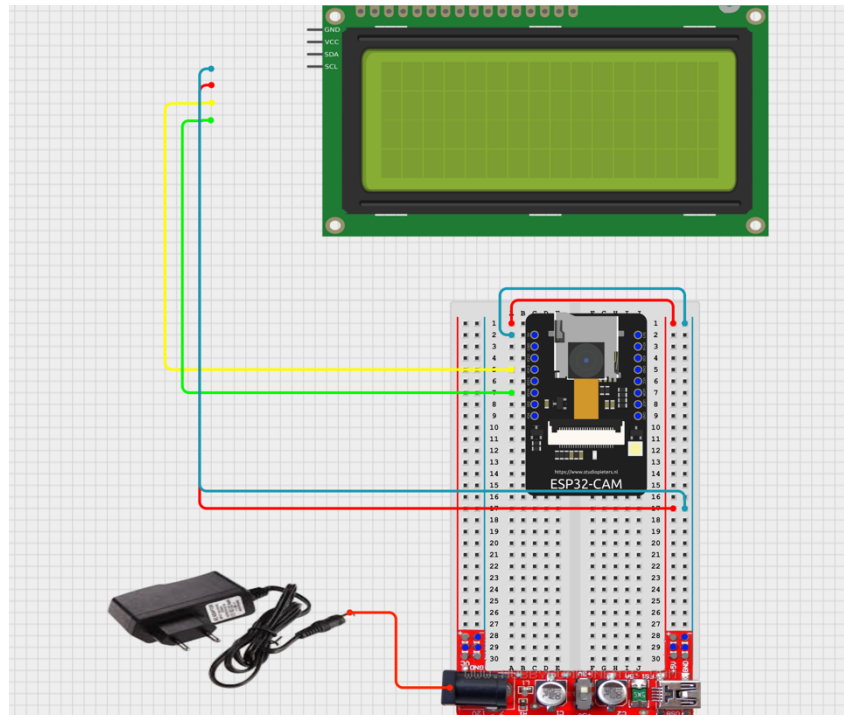


Gambar 3. 5 Gambaran Kerja Sistem

Gambar 3.5 memperlihatkan gambaran kerja sistem yang menggunakan modul ESP32-CAM untuk megambil citra kendaraan yang melewati pintu masuk/keluar masjid. Citra tersebut kemudian diproses menggunakan program berbasis Python mengimplementasikan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) untuk mengidentifikasi jenis kendaraan, apakah mobil atau motor beserta status pergerakannya. Hasil pengolahan tersebut disimpan di Firebase dapat diakses dan ditampilkan melalui dua media, yaitu *website* dan layar LCD I2C 20x4

3.2.4 Rancangan Hardware

Sistem ini dirancang menggunakan ESP32-CAM yang terhubung dengan *breadboard* dan LCD I2C 20x4 untuk menampilkan data parkir kendaraan secara *real-time*. Sumber daya diperoleh dari adaptor eksternal bertegangan 5V 2A yang terhubung ke *power suplay module*. Dibawah ini merupakan gambar rancangan yang telah dibuat menggunakan platform Cirkuit Designer.



Gambar 3. 6 Gambaran Rancangan *Hardware*

Gambar 3.6 menggambarkan rancangan *hardware* yang dirancang dalam penelitian. Pada gambar ini terdapat beberapa komponen penting sebagai berikut:

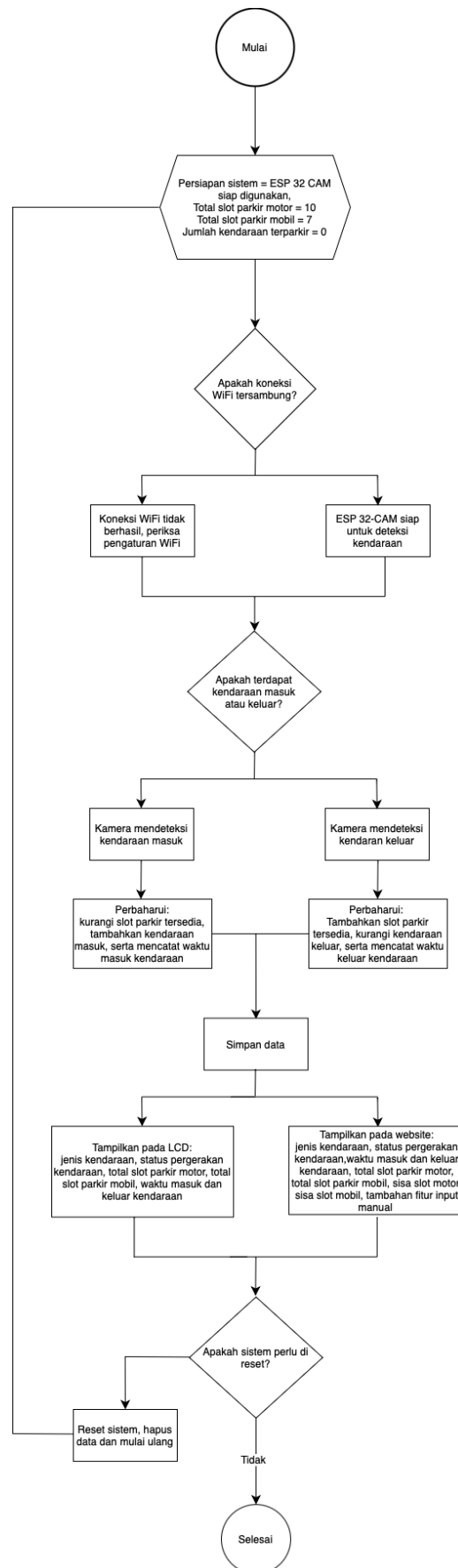
- a. LCD I2C 20x4, berfungsi untuk menampilkan informasi seperti ketersediaan slot parkir kendaraan (motor dan mobil), jenis kendaraan, status pergerakan kendaraan, waktu kendaraan (masuk dan keluar). Modul ini terhubung ke ESP32-CAM melalui empat pin: GND (*ground*), VCC (tegangan), serta dua jalur komunikasi I2C, yaitu SDA yang terhubung ke pin IO13 dan SCL ke pin IO14.
- b. Modul ESP32-CAM berperan sebagai unit pengelola utama, bertanggung jawab untuk menangkap citra kendaraan dan mengirimkannya ke server untuk dideteksi menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python, serta mengontrol sistem secara keseluruhan. Perangkat ini ditempatkan pada *breadboard* agar mudah dihubungkan ke komponen lain.
- c. *Power Suplay Module* digunakan untuk memberikan tegangan 5V dari adaptor eksternal (output 5V 2A) ke seluruh rangkaian. Modul ini terpasang langsung pada *breadboard* dan mendistribusikan daya melalui jalur power ke ESP32-CAM dan layar LCD.

- d. Breadboard berfungsi sebagai tempat menyusun dan menghubungkan rangkaian komponen elektronik. Selain menjadi jalur distribusi daya dari power adaptor, *breadboard* juga digunakan untuk menyatukan sambungan kabel antara ESP32-CAM dan LCD.
- e. Kabel Jumper sebanyak 6 buah digunakan untuk menyambungkan jalur daya dan komunikasi antara komponen, mulai dari ESP32-CAM ke LCD, serta distribusi dari *breadboard* ke berbagai bagian alat.

3.2.5 Alur Kerja Sistem

Komponen utama dalam sistem ini adalah ESP32-CAM yang berfungsi menangkap citra kendaraan seperti motor dan mobil. Perangkat ini dipasang pada pintu keluar dan masuk area parkir masjid. Saat kendaraan melintas, ESP32-CAM menangkap citra dan mengirimkannya ke server untuk di proses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) dengan bahasa pemrograman Python guna menentukan jenis kendaraan dan status pergerakan (masuk atau keluar).

Data hasil deteksi dikirim ke Firebase untuk disimpan. Selanjutnya, informasi ini ditampilkan secara *real-time* melalui layar LCD dan *website*. Layar LCD menampilkan data ringkas seperti total slot kendaraan, ketersediaan slot kendaraan, jenis kendaraan, status kendaraan, serta waktu kendaraan (masuk dan keluar). *Website* menampilkan informasi yang lebih lengkap dan fitur input manual.



Gambar 3. 7 Alur Kerja Sistem

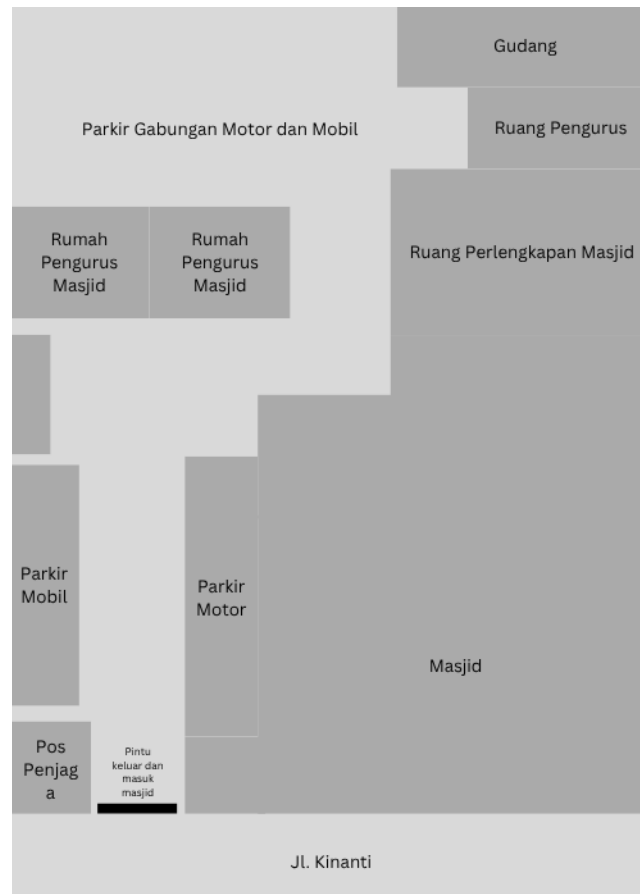
Gambar 3.7 memperlihatkan alur kerja sistem dari sistem parkir berbasis kamera ESP32-CAM yang di rancang oleh penulis. Proses diawali dengan menyalakan sistem, dimana ESP32-CAM akan melakukan inisiasi dengan menampilkan jumlah slot parkir motor dan mobil, serta kendaraan yang sedang terparkir. Setelah itu, sistem akan mencoba terhubung ke WiFi. Jika berhasil, ESP32-CAM siap mendeteksi kendaraan.

Ketika terdapat kendaraan yang melewati kamera, ESP32-CAM akan menangkap citra kendaraan tersebut. Citra hasil tangkapan kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python untuk mengidentifikasi jenis kendaraan serta status pergerakannya, kemudian sistem akan memeriksa apakah kendaraan tersebut masuk atau keluar. Jika kendaraan masuk, sistem akan mengurangi slot parkir tersedia, menambahkan kendaraan masuk, dan mencatat waktu masuk. Sebaliknya, jika kendaraan keluar, slot parkir akan bertambah, jumlah kendaraan berkurang, dan waktu keluar dicatat.

Data yang telah diperbarui akan disimpan dan ditampilkan melalui layar LCD dan *website*. Layar LCD menampilkan total slot kendaraan, ketersediaan slot parkir kendaraan, jenis kendaraan, status pergerakan kendaraan, dan waktu kendaraan (masuk dan keluar), sedangkan *website* menampilkan data yang lebih lengkap dan fitur input manual. Sistem akan terus berjalan hingga dilakukan reset, yang akan menghapus data dan memulai ulang proses.

3.3 Denah Lokasi Masjid

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Masjid Darussalam Ganjuran, yang dipilih karena memenuhi berbagai kriteria yang mendukung pencapaian tujuan penelitian. Di bawah ini merupakan gambar denah dari Masjid Darussalam Ganjuran.



Gambar 3. 8 Denah Lokasi Masjid

Gambar 3.8 menunjukkan denah lokasi Masjid Darussalam Ganjuran yang menjadi objek penelitian ini. Masjid ini memiliki fasilitas parkir yang cukup untuk menampung kendaraan seperti mobil dan sepeda motor, sehingga memudahkan proses observasi dan uji coba sistem parkir yang telah dirancang. Selain itu, desain dan pengaturan area parkir di masjid ini juga sangat mendukung kebutuhan penelitian, dengan adanya pembagian area parkir khusus untuk sepeda motor dan mobil, serta area parkir gabungan yang dapat dimanfaatkan sesuai situasi. Penelitian ini dilaksanakan di Masjid Darussalam Ganjuran karena masjid ini memiliki jumlah pengunjung yang relatif tinggi, terutama pada waktu-waktu tertentu seperti salat berjamaah dan hari raya Islam, yang memberikan kesempatan untuk menguji sistem parkir dalam kondisi yang bervariasi. Dengan kondisi tersebut, Masjid Darussalam Ganjuran menjadi tempat yang sangat tepat untuk menerapkan dan mengevaluasi sistem perhitungan ketersediaan tempat parkir kendaraan berbasis IoT menggunakan kamera ESP32-CAM yang dikembangkan dalam penelitian ini.

3.4 Hasil Wawancara

Pada tahapan ini dilakukan wawancara dengan pengurus dan jamaah masjid untuk mengetahui informasi dan harapan terhadap sistem parkir yang akan dirancang dan dikembangkan. Informasi yang diperoleh dari hasil wawancara ini akan dijadikan acuan dalam proses perancangan sistem agar sesuai dengan kebutuhan pengguna.

a. Wawancara dengan Pengurus Masjid

Tabel 3. 2 Wawancara dengan Pengurus Masjid

Aspek	Pertanyaan	Responden 1	Responden 2
A. Pengamalaman dan Permasalahan	1. Apakah sebelumnya ada sistem tertentu yang digunakan untuk mengelola ketersediaan tempat parkir kendaraan di masjid ini?	Tidak ada sistem, hanya mengandalkan petugas parkir.	Belum pernah menggunakan sistem, masih menggunakan cara manual.
	2. Apakah tantangan utama yang dihadapi dalam pengelolaan parkir di masjid saat ini?	Pada waktu-waktu tertentu, terutama salat Jumat atau hari besar, jumlah kendaraan meningkat menyebabkan alur parkir tidak teratur.	Ketika jumlah kendaraan banyak, pengaturan menjadi tidak tertib dan sering menyebabkan kemacetan.
	3. Bagaimana cara masjid saat ini mengawasi arus kendaraan keluar-masuk?	Pengawasan dilakukan secara manual oleh petugas tanpa bantuan sistem.	Petugas mengawasi secara langsung.
B. Pendapat Tentang Sistem	1. Jika diterapkan sistem yang dapat otomatis menghitung ketersediaan tempat parkir kendaraan secara <i>real-time</i> , apakah menurut anda akan memudahkan pengolahan parkir?	Sangat membantu karena bisa tahu jumlah kendaraan secara langsung tanpa hitung manual.	Membantu, supaya pengaturan kendaraan lebih efisien.
	2. Apakah informasi terkait ketersediaan tempat parkir secara langsung dapat membantu pengelola parkir di masjid?	Ya, informasi itu penting untuk mengatur kendaraan.	Membantu, agar tidak terjadi penumpukan kendaraan.

C. Harapan dan Desain	1. Apa harapan anda terhadap sistem parkir otomatis ini dalam membantu kelancaran pengelolaan parkir di masjid?	Bisa memberikan data jumlah kendaraan secara akurat.	Dengan adanya sistem ini, parkir bisa lebih efisien dan tidak terjadi penumpukan kendaraan.
	2. Dimana lokasi strategis untuk memasang alat seperti kamera agar bisa mendeteksi kendaraan secara efektif?	Di area parkir yang tidak jauh dari pintu masuk dan keluar agar kendaraan dapat terdeteksi dengan baik.	Ditempatkan pada area pos keamanan dan diarahkan menghadap pintu keluar dan masuk area parkir untuk mendeteksi kendaraan secara akurat.

b. Wawancara dengan Jamaah Masjid

Tabel 3. 3 Wawancara dengan Jamaah Masjid

Aspek	Pertanyaan	Responden 1	Responden 2	Responden 3
A. Pengamalaman dan Permasalahan	1. Bagaimana pengalaman anda saat mencari tempat parkir di masjid?	Kadang sulit, apalagi saat salat Jumat atau acara besar, dengan parkiran yang tergolong sedikit dan sempit.	Cukup merepotkan, apabila terlambat datang, sering kehabisan tempat parkir akibat kendaraan parkir sembarangan.	Umumnya lancar, namun saat hari besar keagamaan area parkir penuh total dan bikin bingung harus parkir dimana.
	2. Apakah anda pernah kesulitan mengetahui apakah tempat parkir masih tersedia atau tidak?	Sering kali, sudah masuk tapi ternyata tidak ada tempat kosong lagi.	Ya, tidak ada informasi apakah penuh atau tidak.	Pernah, apalagi saat terlambat jadi buang waktu.
	3. Apa yang anda biasa lakukan jika tidak langsung menemukan tempat parkir?	Mencari area parkir yang tidak terlalu jauh.	Parkir sembarangan, misalnya dipinggir jalan atau di depan rumah warga.	Mencari parkir diluar masjid.

B. Pendapat Tentang Sistem	1. Menurut anda, apakah dengan sistem yang dapat memberitahu informasi parkir kendaraan secara langsung akan membantu?	Tentu sangat membantu, tidak perlu bingung lagi dan dapat mengetahui secara langsung kondisinya.	Akan bermanfaat terutama saat hari besar keagamaan.	Sangat berguna, dapat menghemat waktu.
	2. Bagaimana pendapat Anda jika informasi parkir ditampilkan melalui layar atau media lainnya?	Baik, Asal mudah dibaca.	Bagus, dapat diletakkan di pintu masuk dan keluar parkir masjid.	Ya, sebaiknya ada tanda yang dapat menampilkan informasi.
	3. Apakah menurut Anda sistem seperti ini dapat membantu dibandingkan dengan cara parkir manual?	Ya. lebih efisien dan tidak bikin macet.	Membantu, karena lebih terorganisir dan hemat waktu.	Jauh lebih terkontrol, tidak acak-acakan.

C. Harapan dan Desain	1. Apa harapan Anda terhadap sistem ini jika diterapkan di masjid?	Membuat parkir lebih tertib dan rapi.	Bisa mengurangi kerumunan dan kemacetan.	Dapat mempermudah pengguna atau jamaah saat parkir kendaraan.
	2. Apakah Anda memiliki harapan tertentu terhadap sistem ini agar bisa membantu jamaah lebih nyaman saat parkir?	Sistem dapat berjalan secara otomatis dan akurat.	<i>Update</i> informasi secara <i>real-time</i> .	Informasi parkir ditampilkan di pintu masuk dan keluar area parkir masjid.

3.5 Metode Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsinya. Pada penelitian ini, digunakan dua metode pengujian yaitu pengujian *black box* dan pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS). Pengujian *black box* difokuskan pada fungsionalitas sistem, sedangkan pengujian SUS ditujukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengguna *website* berdasarkan penilaian pengguna.

Pengujian sistem menggunakan metode *black box* dilakukan dengan menguji fungsi-fungsi utama dari sistem tanpa melihat struktur internal program. Fokus pengujian ini adalah pada kesesuaian antara input dan output, guna memastikan bahwa setiap fitur berjalan sesuai dengan yang dirancang. Pengujian dilakukan berdasarkan skenario nyata, seperti deteksi

kendaraan yang masuk dan keluar, pemrosesan citra hasil tangkapan ESP32-CAM menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk menghasilkan data deteksi, pengiriman data hasil deteksi ke Firebase, serta penampilan data secara *real-time* pada LCD dan *website*.

Setiap skenario diuji secara langsung di lapangan untuk menilai respons sistem dalam kondisi operasional sebenarnya. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari setiap skenario pengujian, digunakan rumus berikut:

$$\text{Presentase keberhasilan} = \left(\frac{\text{Percobaan berhasil}}{\text{Total percobaan}} \right) \times 100\%$$

Rumus ini digunakan untuk menghitung sejauh mana sistem dapat berfungsi secara akurat dan konsisten dalam menjalankan fungsi yang telah dirancang sesuai kebutuhan pengguna.

Pengujian *usability website* menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) dilakukan dengan memberikan 10 pernyataan standar kepada responden. Responden diminta memberikan penilaian terhadap masing-masing pernyataan menggunakan skala Likert dengan rentang nilai 1 hingga 5 di mana:

1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Netral

4 = Setuju

5 = Sangat Setuju

Tabel 3. 4 Pernyataan Responden

No	Pernyataan	Responden 1	Responden 2
		Bapak Jumardi	Bapak Egi
1	Saya merasa akan sering menggunakan <i>website</i> ini.	4	5
2	Saya merasa <i>website</i> ini terlalu rumit untuk digunakan.	1	1
3	Saya merasa <i>website</i> ini mudah untuk digunakan.	5	5

4	Saya merasa butuh bantuan teknis untuk bisa menggunakan <i>website</i> ini.	2	2
5	Fitur-fitur pada <i>website</i> ini saling terintegrasi dengan baik.	4	5
6	Saya merasa terdapat banyak inkonsistensi pada <i>website</i> ini.	2	2
7	Saya yakin sebagian besar orang bisa cepat belajar menggunakan <i>website</i> ini.	4	5
8	<i>Website</i> ini terasa merepotkan untuk digunakan.	1	1
9	Saya merasa percaya diri saat menggunakan <i>website</i> ini.	4	5
10	Saya harus banyak belajar sebelum bisa menggunakan <i>website</i> ini.	1	1

Setelah responden memberikan jawaban terhadap 10 pertanyaan dalam kuesioner *System Usability Scale* (SUS), setiap tanggapan kemudian diolah menggunakan rumus standar SUS untuk memperoleh skor akhir masing-masing responden. Nilai-nilai ini selanjutnya digunakan untuk menghitung rata-rata skor keseluruhan, guna mengevaluasi tingkat kenyamanan dan kemudahan penggunaan *website* dari perspektif pengguna.

Perhitungan skor dan rata-rata SUS dilakukan dengan menggunakan rumus standar berikut:

$$SUS = \left[\sum_{i=1,3,5,7,9} (X_i - 1) + \sum_{i=2,4,6,8,10} (5 - X_i) \right] \times 2.5$$

Berdasarkan data hasil pengisian kuesioner oleh dua orang responden, diperoleh skor akhir SUS masing-masing. Skor tersebut kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan untuk memperoleh rata-rata guna menilai tingkat kenyamanan dan kemudahan penggunaan *website*.

$$\text{Rata-rata SUS} = \frac{\text{Responden 1} + \text{Responden 2}}{2}$$

Tabel 3. 5 Data Responden

No	Nama Responden	Jabatan	Skor SUS
1	Jumardi	Takmir Masjid	85
2	Egi	Pengurus Masjid	95
Rata-rata			90

Tabel 3.5 menyajikan hasil akhir pengolahan skor *System Usability Scale* (SUS) yang diperoleh dari dua responden setelah mengisi kuesioner. Nilai-niai ini merepresentasikan persepsi pengguna terhadap tingkat kenyamanan serta kemudahan dalam menggunakan *website*. Skor akhir setiap responden kemudian dihitung rata-ratanya untuk mengevaluasi *usability website* secara keseluruhan.

Untuk menafsirkan hasil *usability website*, digunakan acuan standar interpretasi skor *System Usability Scale* (SUS). Klasifikasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran tingkat kenyamanan dan kemudahan sistem dari sudut pandang pengguna. Skor SUS dikategorikan sebagai berikut:

85-100 = Sangat Baik

70-84 = Baik

50-69 = Cukup

< 50 = Buruk

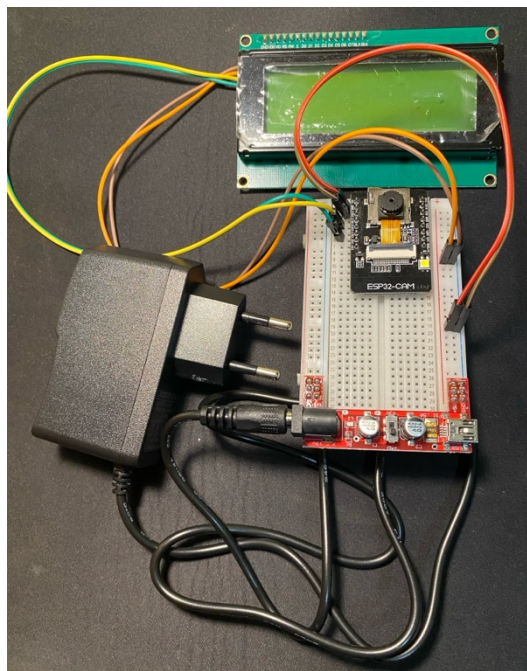
Hasil pengisian kuesioner oleh dua responden menunjukkan nilai SUS masing-masing sebesar 85 dan 95, dengan rata-rata skor sebesar 90. Nilai ini termasuk dalam kategori “Sangat Baik”, yang menandakan bahwa antarmuka *website* dinilai sangat baik oleh pengguna dalam hal kemudahan, kenyamanan, dan kejelasan pengguna.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Pada bagian ini membahas hasil dari perancangan sistem. Terdapat 2 bagian yaitu pertama implementasi *hardware*, dan yang kedua Implementasi *software*. Komponen *hardware* yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari ESP32-CAM, adaptor 5V 2A, MB-102 *breadboard power supply module*, *breadboard*, dan LCD I2C 20x4, ESP32-CAM akan di pasang ke *breadboard*, ESP32-CAM berfungsi untuk menangkap citra kendaraan yang lewat, yang kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python untuk mengidentifikasi jenis kendaraan beserta status pergerakannya, sedangkan LCD untuk menampilkan informasi slot parkir kendaraan secara *real-time*. Dalam penelitian ini, *software* yang digunakan berupa Firebase sebagai platform penyimpanan data *real-time*. Informasi jenis kendaraan dan status pergerakannya (keluar/masuk) yang dihasilkan dari proses deteksi dikirimkan ke Firebase melalui koneksi internet. Data tersebut kemudian ditampilkan melalui *website* dan layar LCD, sehingga memungkinkan pemantauan sistem parkir secara cepat, mudah dan akurat.



Gambar 4. 1 Rangkaian lengkap Sistem Kamera Parkir

Gambar 4.1 adalah hasil dari keseluruhan sistem yang sudah dirakit, pada gambar tersebut terdapat beberapa komponen yaitu:

- a. ESP 32-CAM
- b. Adaptor 5V 2A
- c. MB-102 *breadboard power suplay module*
- d. LCD I2C 20x4
- e. *Breadboard*
- f. Kabel Jumper

```
#include <WiFi.h>
#include <FirebaseESP32.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>

#define WIFI_SSID "Hakim_01"
#define WIFI_PASSWORD "Abang001"

#define FIREBASE_HOST "sistem-parkir-masjid-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "ToKGEKzHeWmlAfd9bOekwVqUgWiaNKUsuzae2pUm"

#define SDA 13
#define SCL 14

FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;
FirebaseData fbdo;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("Menghubungkan ke WiFi");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
  Serial.println("\n✅ WiFi terhubung!");
}
```

```

config.host = FIREBASE_HOST;
config.signer.tokens.legacy_token = FIREBASE_AUTH;

Firebase.begin(&config, &auth);
Firebase.reconnectWiFi(true);

Wire.begin(SDA, SCL);
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Detection Ready...");
delay(2000);
}

```

Gambar 4. 2 Sintaks Kamera Parkir

Pada gambar 4.2 menampilkan kode program yang menggunakan beberapa library penting, seperti <WiFi.h> untuk menghubungkan ESP32-CAM ke jaringan Wi-Fi agar dapat mengakses internet, dan <FirebaseESP32.h> untuk berkomunikasi dengan Firebase sebagai basis data *real-time* untuk menyimpan data kendaraan. Library <LiquidCrystal_I2C.h> dan <Wire.h> dipakai untuk mengendalikan LCD 20x4 melalui protokol I2C.

Konfigurasi Firebase mencakup alamat host (FIREBASE_HOST) dan token autentikasi (FIREBASE_AUTH) yang memungkinkan ESP32-CAM mengakses database dengan aman. Proses inisialisasi Firebase dilakukan menggunakan Firebase.begin(), sementara Firebase.reconnectWiFi(true) memastikan koneksi Wi-Fi tetap aktif secara otomatis.

Di dalam fungsi setup(), ESP32-CAM memulai komunikasi serial, menghubungkan ke Wi-Fi dengan WiFi.begin(), dan menunggu sampai koneksi berhasil. Selain itu, protokol I2C diinisialisasi sesuai dengan pin SDA dan SCL yang sudah ditentukan untuk menghubungkan dan mengoperasikan LCD.

```

void loop() {
String jumlah_motor = "-", jumlah_mobil = "-";
String jenis = "-", ket = "-", waktu = "-";

if (Firebase.getString(fbdo, "/total_kendaraan/slot_motor")) {

```

```

jumlah_motor = fbdo.stringData();
} else {
Serial.println("Gagal ambil jumlah motor");
}

if (Firebase.getString(fbdo, "/total_kendaraan/slot_mobil")) {
jumlah_mobil = fbdo.stringData();
} else {
Serial.println("Gagal ambil jumlah mobil");
}

if (Firebase.getString(fbdo, "/kendaraan_terakhir/jenis")) {
jenis = fbdo.stringData();
} else {
Serial.println("Gagal ambil jenis");
}

if (Firebase.getString(fbdo, "/kendaraan_terakhir/keterangan"))
{
ket = fbdo.stringData();
} else {
Serial.println("Gagal ambil keterangan");
}

if (Firebase.getString(fbdo, "/kendaraan_terakhir/waktu")) {
waktu = fbdo.stringData();
if (waktu.length() >= 19) {
waktu = waktu.substring(11);
}
} else {
Serial.println("Gagal ambil waktu");
}

// Tampilkan ke LCD 20x4
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Motor : " + jumlah_motor);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Mobil : " + jumlah_mobil);
lcd.setCursor(0, 2);

```

```
lcd.print(jenis + " " + ket);  
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print(waktu);  
  
delay(5000);  
}
```

Gambar 4. 3 Sintaks Kamera Parkir

Gambar 4.3 menampilkan kode program yang dijalankan oleh ESP32-CAM untuk menampilkan data kendaraan secara *real-time* ke layar LCD 20x4. Informasi yang disajikan meliputi ketersediaan slot parkir kendaraan, total slot kendaraan, status kendaraan (masuk atau keluar), serta waktu saat deteksi terjadi. Semua data diambil secara otomatis dari Firebase *real-time* database dan diperbarui setiap 5 detik untuk memastikan tampilan informasi selalu akurat dan terkini.

4.2 Pengujian Sistem

Pada bab ini pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dirancang dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap komponen, baik perangkat keras (*hardware*), maupun perangkat lunak (*software*), dapat bekerja secara optimal.

Pada bab ini, penulis menggunakan metode *black box* dalam proses pengujiannya. Metode ini berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem tanpa melihat struktur internal dari kode program. Pengujian dilakukan dengan memberikan input tertentu, kemudian mengamati output sistem yang dihasilkan. Dengan metode ini, sistem diuji berdasarkan keluaran yang diharapkan tanpa harus mengetahui bagaimana proses logika di dalamnya.

Pelaksanaan pengujian dilakukan secara langsung di lokasi parkir Masjid, dengan kondisi nyata untuk mensimulasikan situasi sebenarnya. Beberapa skenario diterapkan, seperti kendaraan yang masuk dan keluar yang proses deteksinya dilakukan melalui pengolahan citra digital terhadap citra yang ditangkap oleh ESP32-CAM dan diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python untuk mengidentifikasi jenis kendaraan dan status pergerakannya, serta pemantauan sistem melalui *website*, tampilan layar LCD, dan integrasi dengan database Firebase.

Rumus yang digunakan untuk menentukan presentase keberhasilan disajikan sebagai berikut:

$$\text{Presentase keberhasilan} = \left(\frac{\text{Percobaan berhasil}}{\text{Total percobaan}} \right) \times 100\% \quad (4.1)$$

Berdasarkan rumus tersebut dapat dihitung presentase tingkat keberhasilan dari proses pengujian yang telah dilakukan. Pada penelitian ini, pengujian dibagi kedalam 5 skenario berbeda yang merepresentasikan berbagai kondisi nyata di lapangan.

Selain pengujian menggunakan metode *black box*, dilakukan juga pengujian terhadap antarmuka pengguna pada *website* sistem dengan menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS). Metode ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat kemudahan dan kenyamanan dalam menggunakan *website* dari sudut pandang pengguna.

Pengujian SUS dilakukan dengan cara meminta pengguna mengisi kuesioner yang terdiri dari 10 pernyataan. Setiap pernyataan direspon menggunakan skala Likert 1 hingga 5, di mana:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Netral
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

Nilai dari masing-masing responden dihitung menggunakan rumus standar SUS, yaitu:

$$\text{SUS} = \left[\sum_{i=1,3,5,7,9} (Xi - 1) + \sum_{i=2,4,6,8,10} (5 - Xi) \right] \times 2.5 \quad (4.2)$$

Setelah diperoleh skor masing-masing responden, dilakukan perhitungan rata-rata untuk mengetahui tingkat *usability website* secara umum, dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rata-rata SUS} = \frac{\text{Responden 1} + \text{Responden 2}}{2} \quad (4.3)$$

4.2.1 Pengujian Sistem di Lokasi Masjid

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik saat ditempatkan langsung di area parkir masjid. Pada pengujian ini, sistem dipasang pada area pintu masuk dan keluar masjid untuk mendeteksi kendaraan masuk dan keluar di area parkir.

Deteksi kendaraan dilakukan dengan cara menangkap citra oleh ESP32-CAM yang kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python untuk mengidentifikasi jenis kendaraan beserta status pergerakannya. Pengujian dilakukan pada waktu pelaksanaan shalat Dzuhur hingga Maghrib dengan kondisi lingkungan nyata, di mana terdapat mobil dan sepeda motor yang lewat secara bergantian. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sistem mampu berfungsi dengan akurat di kondisi nyata. Proses pengujian ini juga menjadi bukti bahwa sistem benar-benar diterapkan dan diuji langsung pada lokasi yang sebenarnya.



Gambar 4. 4 Pengujian Sistem di Area Parkir Masjid

4.2.2 Pengujian Deteksi Kendaraan oleh ESP32-CAM

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ESP32-CAM sebagai sistem deteksi kendaraan mampu mengenali keberadaan sepeda motor dan mobil secara akurat, serta menguji kebenaran hasil perhitungannya. Proses pengujian dilakukan dengan melewati mobil atau sepeda motor di depan kamera, dimana citra yang ditangkap kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python untuk mengidentifikasi jenis kendaraan serta status pergerakannya (masuk atau keluar). Berdasarkan hasil uji coba, sistem berhasil mendeteksi kedua jenis kendaraan dengan tingkat akurasi yang baik. Pengujian dilakukan di area deteksi dengan garis

yang telah di tentukan sebelumnya, dengan memperhatikan jarak antara kamera dan kendaraan yang melintas.

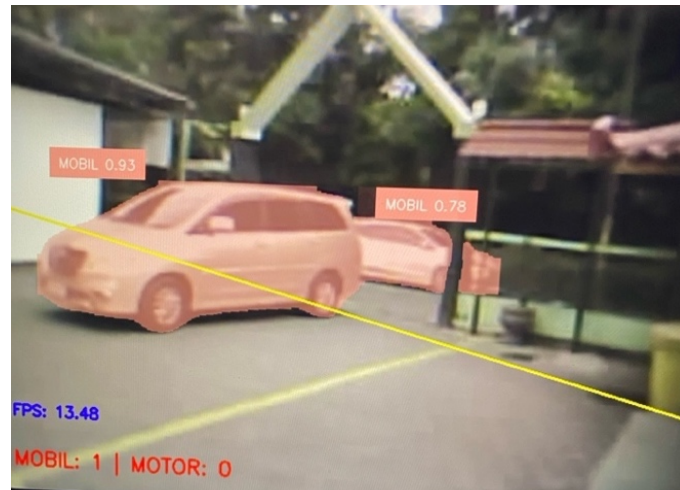


Gambar 4. 5 Pengujian Pertama dengan Mobil



Gambar 4. 6 Pengujian Kedua dengan Mobil

Pada pengujian kedua, sistem deteksi kendaraan menggunakan ESP32-CAM menunjukkan bahwa mobil tidak dapat terdeteksi dengan baik saat kondisi pencahayaan rendah.



Gambar 4. 7 Pengujian Ketiga dengan Mobil

Tabel 4. 1 Pengujian dengan Mobil

No	Jenis Kendaraan	Deteksi Masuk			Deteksi Keluar			Akurasi
			Berhasil	Gagal		Berhasil	Gagal	
1	Mobil	1	Ya	-	1	Ya	-	100%
2	Mobil	2	-	Ya	2	-	Ya	0%
3	Mobil	3	Ya	-	3	Ya	-	100%
Tota l	Keseluruha n	3	2	1	3	2	1	$(2/3) \times 100\% = 66,67\%$



Gambar 4. 8 Pengujian Pertama dengan Sepeda Motor



Gambar 4. 9 Pengujian Kedua dengan Sepeda Motor

Pada pengujian kedua, sistem deteksi kendaraan menggunakan ESP32-CAM menunjukkan bahwa motor tidak dapat terdeteksi dengan baik saat kondisi pencahayaan rendah.



Gambar 4. 10 Pengujian Ketiga dengan Sepeda Motor

Tabel 4. 2 Pengujian dengan Motor

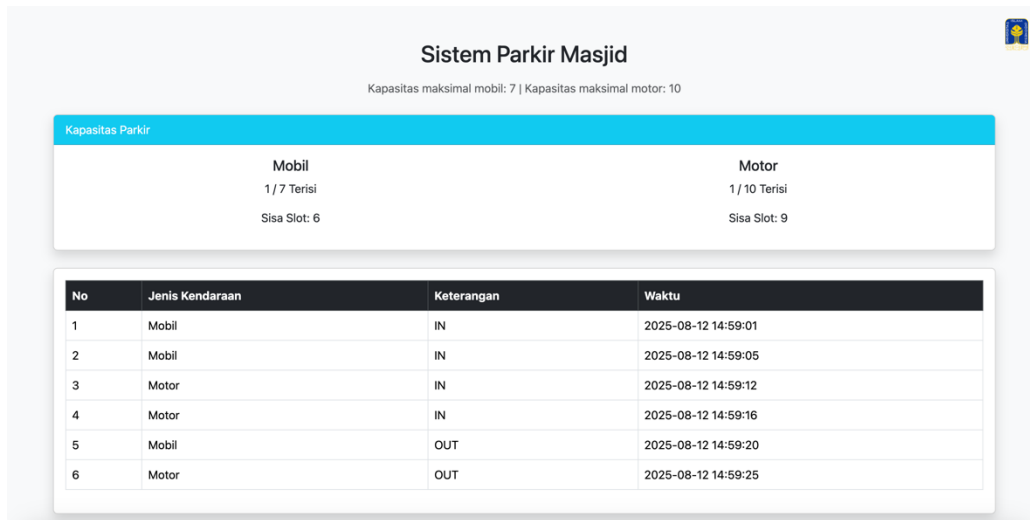
No	Jenis Kendaraan	Deteksi Masuk			Deteksi Keluar			Akurasi
			Berhasil	Gagal		Berhasil	Gagal	
		percobaan			percobaan			
1	Motor	1	Ya	-	1	Ya	-	100%
2	Motor	2	-	Ya	2	-	Ya	0%
3	Motor	3	Ya	-	3	Ya	-	100%
Tota l	Keseluruha n	3	2	1	3	2	1	$(2/3) \times 100\% = 66,67\%$

Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk mengevaluasi akurasi sistem dalam mendeteksi kendaraan yang melintas. Pada Gambar 4.5 sampai dengan Gambar 4.10 memperlihatkan situasi saat proses uji coba sistem berlangsung, sedangkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 menyajikan data hasil pengujian. Berdasarkan hasil tersebut, sistem mampu mendeteksi kendaraan yang melintas secara akurat pada percobaan pertama dan ketiga. Kemudian pada percobaan kedua diperoleh hasil bahwa sistem tidak dapat mendeteksi kendaraan secara akurat dikarenakan kamera ESP32-CAM tidak mampu mendeteksi dalam kondisi pencahayaan yang kurang optimal. Pada proses pengujian ini sistem menunjukkan kemampuan mendeteksi lebih dari satu kendaraan secara bersamaan ketika melintas pada garis yang telah ditentukan di area pengujian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 hingga Gambar 4.10. Kondisi ini terlihat ketika terdapat dua kendaraan atau lebih, baik sejenis maupun berbeda jenis, yang masuk atau keluar secara sejajar, beriringan, atau dengan jarak yang berdekatan. Algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang digunakan mampu mengidentifikasi setiap kendaraan secara terpisah berdasarkan status dan jenisnya, sehingga perhitungan tetap akurat. Pengujian dilakukan menggunakan motor dan mobil dengan kecepatan rata-rata 10 hingga 15 km/jam.

4.2.3 Pengujian Website

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem bisa mencatat dan menampilkan data keluar atau masuk kendaraan secara tepat. Fokus utama pengujian ini adalah memastikan fungsi pencatatan otomatis berjalan dengan baik. Proses pengujian dilakukan dengan memasukkan data kendaraan berdasarkan jenisnya ke dalam sistem, kemudian mengamati apakah informasi tersebut ditampilkan secara tepat di *website*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendokumentasikan aktivitas kendaraan secara *real-time*, termasuk

waktu masuk dan keluar, serta menampilkan kapasitas parkir motor dan mobil beserta riwayat pergerakan kendaraan secara otomatis.



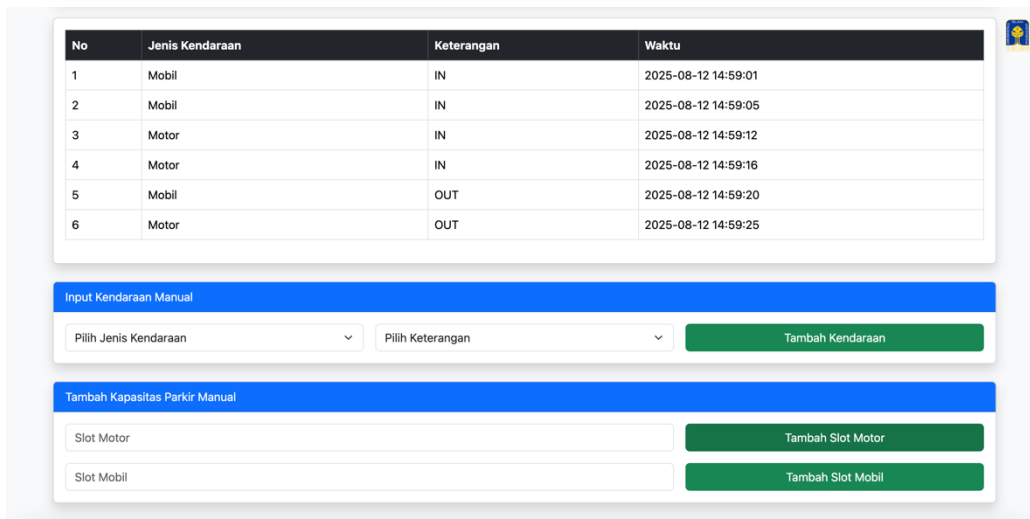
Sistem Parkir Masjid

Kapasitas maksimal mobil: 7 | Kapasitas maksimal motor: 10

Kapasitas Parkir	
Mobil 1 / 7 Terisi Sisa Slot: 6	Motor 1 / 10 Terisi Sisa Slot: 9

No	Jenis Kendaraan	Keterangan	Waktu
1	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:01
2	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:05
3	Motor	IN	2025-08-12 14:59:12
4	Motor	IN	2025-08-12 14:59:16
5	Mobil	OUT	2025-08-12 14:59:20
6	Motor	OUT	2025-08-12 14:59:25

Gambar 4. 11 Pengujian *Website*



No	Jenis Kendaraan	Keterangan	Waktu
1	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:01
2	Mobil	IN	2025-08-12 14:59:05
3	Motor	IN	2025-08-12 14:59:12
4	Motor	IN	2025-08-12 14:59:16
5	Mobil	OUT	2025-08-12 14:59:20
6	Motor	OUT	2025-08-12 14:59:25

Input Kendaraan Manual

Pilih Jenis Kendaraan Pilih Keterangan

Tambah Kapasitas Parkir Manual

Slot Motor

Slot Mobil

Gambar 4. 12 Pengujian *Website*

4.2.4 Pengujian LCD I2C 20x4

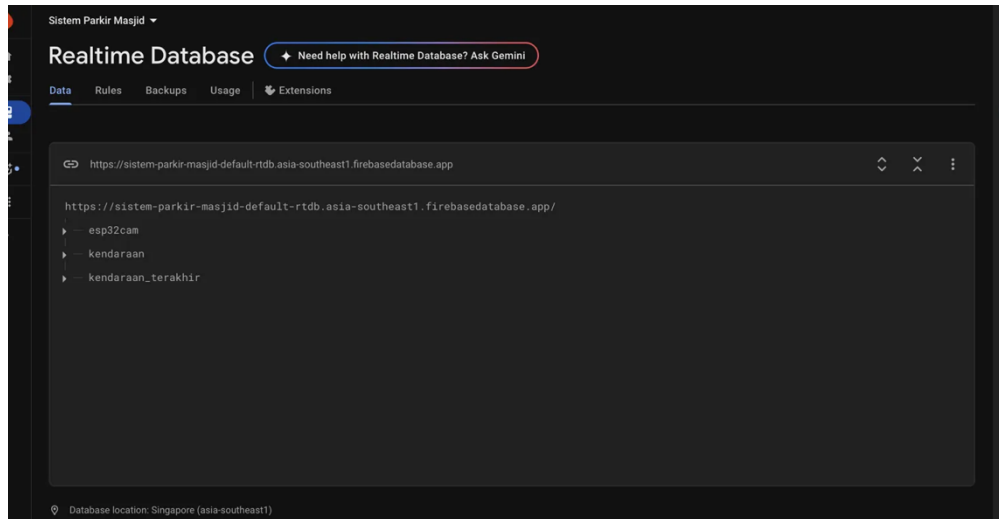
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah LCD I2C 20x4 dapat menampilkan informasi hasil deteksi kendaraan secara akurat dan menguji tampilannya. Proses pengujian dilaksanakan dengan cara menampilkan hasil perhitungan kendaraan pada layar LCD, berdasarkan pengujian LCD bisa menampilkan data sepeda motor dan mobil dengan akurat, pengujian ini menggunakan koneksi I2C antara LCD dengan mikrokontroler untuk menampilkan data secara *real-time* dari proses deteksi kendaraan.



Gambar 4. 13 Pegujian LCD I2C 20x4

4.2.5 Pengujian Pengiriman Data Menuju Firebase

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data dari ESP32-CAM berupa citra kendaraan yang kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python, dapat berhasil dikirim menuju Firebase. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa data hasil deteksi kendaraan yang dikirim oleh ESP32-CAM dapat diterima oleh Firebase dengan baik, serta tampilan secara *real-time* di layar LCD dan antarmuka *website*. Pengujian dilakukan menggunakan koneksi internet, dan hasil pengujiannya dapat dipengaruhi kestabilan jaringan internet yang digunakan.



Gambar 4. 14 Pengujian Firebase

Tabel 4. 3 Tabel Pengujian Firebase

Data dikirim	Data diterima	Firebase	Website	LCD	Keterangan
Data ke-1	Ya	Ya	Ya	Ya	Data berhasil muncul di semua media tampilan
Data ke-2	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Data tidak berhasil muncul di semua media tampilan
Data ke-3	Ya	Ya	Ya	Ya	Data berhasil muncul di semua media tampilan

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, alat berbasis ESP32-CAM ini terbukti berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan perancangan. Pengujian *black box* pada sistem *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi kendaraan di area parkir masjid menunjukkan hasil yang memuaskan.

Pada pengujian akurasi, kamera ESP32-CAM mampu mengambil citra sepeda motor atau mobil yang melewati pintu masuk atau keluar area parkir masjid. Citra tersebut kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python untuk mengidentifikasi pergerakan serta jenis kendaraan secara akurat. Pada proses pengujian ini juga ditemukan bahwa sistem memiliki kemampuan untuk mendeteksi lebih dari satu kendaraan secara bersamaan ketika melintas pada garis yang telah ditentukan di area pengujian, baik kendaraan sejenis maupun

berbeda jenis yang melintas secara sejajar, beriringan, atau dengan jarak yang berdekatan, sehingga perhitungan tetap akurat. Meskipun demikian, terdapat kendala seperti kecepatan kendaraan yang terlalu tinggi, pencahayaan kurang optimal, dan resolusi dari kamera ESP32-CAM yang tergolong rendah sehingga menyebabkan kendaraan tidak terdeteksi.

Selain itu, data hasil pendeteksian secara otomatis dikirim ke Firebase *real-time* database dan dapat dipantau melalui *website* dan layar LCD. Pengujian membuktikan bahwa data kendaraan dikirim ke server dengan cepat sehingga informasi terkait ketersediaan slot parkir kendaraan, waktu kendaraan (keluar dan masuk), total slot parkir kendaraan, serta status kendaraan dapat dimonitor secara *real-time* oleh pengelola parkir.

Di samping itu, dilakukan pula pengujian terhadap antarmuka *website* menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS). Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kenyamanan dan kemudahan pengguna *website* dari perspektif pengguna. Responden diminta untuk mengisi kuesioner yang terdiri dari 10 pernyataan, kemudian setiap jawaban di konversi menjadi skor SUS menggunakan rumus standar. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata skor SUS berada pada angka 90, yang termasuk dalam kategori “Sangat Baik”. Nilai tersebut menunjukkan bahwa antarmuka *website* dinilai intuitif, mudah digunakan, dan dapat diterima oleh pengguna.

Kesimpulannya, alat *Internet of Things* berbasis kamera yang telah di rancang dalam penelitian ini berhasil melewati proses pengujian dengan baik.

A. Kelebihan

1. Jamaah dapat mengetahui informasi slot parkir untuk mobil dan sepeda motor secara *real-time*.
2. Pengelola parkir dapat mengakses informasi ketersediaan dan jumlah mobil atau sepeda motor melalui *website*, sehingga proses pemantauan mejadi lebih praktis dan efisien.
3. Data kendaraan masuk dan keluar tersimpan secara online dan bisa di akses kapan saja.

B. Kekurangan

1. Sistem bergantung pada koneksi jaringan yang stabil.
2. Tidak mendukung streaming video secara langsung.
3. Kualitas gambar dari ESP32-CAM terbatas, terutama pada saat pencahayaan kurang optimal, mempengaruhi akurasi deteksi.
4. ESP32-CAM tidak mendukung pemrosesan secara langsung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan kamera untuk perhitungan ketersediaan tempat parkir kendaraan di area parkir masjid. Setelah melalui proses desain, implementasi, dan pengujian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Dengan memanfaatkan ESP32-CAM, sistem mampu secara otomatis menangkap citra kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir masjid. Citra tersebut kemudian diproses menggunakan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8) yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python untuk mendeteksi kendaraan beserta status pergerakannya. Data hasil deteksi dikirim secara langsung ke Firebase dan disajikan melalui antarmuka *website* serta layar LCD secara *real-time*.

Bagi pengelola parkir, sistem ini memberikan kemudahan dalam memantau kondisi area parkir secara efisien. Selain itu, jamaah dapat mengetahui informasi slot parkir secara *real-time*. Informasi seperti total slot parkir kendaraan, waktu kendaraan (keluar dan masuk), status kendaraan, serta ketersediaan slot parkir kendaraan dapat diakses melalui *website* dan layar LCD. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu menjadi solusi digital yang efektif untuk mendukung pengelolaan parkir berbasis *Internet of Things* di lingkungan masjid.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem parkir kendaraan berbasis kamera menggunakan ESP32-CAM, penulis menyampaikan beberapa rekomendasi yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem menggunakan kamera dengan kualitas resolusi yang tinggi, seperti webcam, agar deteksi kendaraan lebih akurat. Penggunaan ESP32-CAM menunjukkan gambar yang kurang jelas terutama dalam kondisi pencahayaan minim. Dengan penggunaan kamera yang lebih baik, sistem dapat mendeteksi kendaraan dengan lebih jelas dan efisien.

2. Disarankan untuk menambah fitur pengenalan plat nomor kendaraan memanfaatkan teknik pengolahan citra seperti OCR (*Optical Character Recognition*). Dengan fitur ini, sistem tidak hanya mampu menghitung jumlah kendaraan, tetapi juga dapat mencatat identitas kendaraan secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan aspek keamanan dan pencatatan data.
3. Disarankan untuk mengembangkan algoritma pengenalan objek yang mampu mengidentifikasi jenis kendaraan secara spesifik sangat diperlukan, misalnya untuk membedakan antara mobil seperti “Avanza” dan “Xenia” atau motor seperti “Beat” dan “Vario”. Dengan kemampuan ini, sistem dapat mencatat tipe kendaraan secara lebih rinci, yang akan sangat membantu dalam Analisa data serta meningkatkan efektivitas pengelola parkir.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Muhammad and Jura, & Suwatri. (2018). SISTEM TERSEMAT PENDETEKSI SLOT PARKIR. *Jurnal INSTEK (Informatika Sains Dan Teknologi)*, 3(2), 291–298. <https://doi.org/https://doi.org/10.24252/instek.v3i2.6047>
- Alfikri, H., & Rianto, K. D. I. (2024). IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS PADA SISTEM PARKIR MASJID. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 11(4), 1907–1920. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i4.1323>
- Alfina, R and Yusran, & Andi Muh. (2023). *Rancang Bangun Sistem Keamanan Parkir Kendaraan Roda Dua dengan Teknologi Face Recognition* [Thesis (Diploma)]. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Anwar, B., Simatupang, W., Muskhir, M., Irfan, D., & Nasyuha, A. H. (2022). Kombinasi Penerapan Metode WASPAS dan Rank Order Centroid (ROC) dalam Keputusan Pemilihan Teknologi Kamera Ponsel Terbaik. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 4(3). <https://doi.org/10.47065/bits.v4i3.2655>
- Ardana, Muhammad Dendi and Hartama, Dedy and Wanto, Anjar and Solikhun, Solikhun and Lestari, & Sundari Putri. (2023). Implementasi System Keamanan Parker Kendaraan Menggunakan Sensor Jarak HC-SR04 Dan Kamera Cerdas Protokol MQTT Dengan Telegram. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Komputer Dan Sains*, 1(1), 383–389. <https://prosiding.seminars.id/prosainteks>
- Arlan Maulana, Ahmad Syazili, & Muhamad Ariandi. (2024). Perancangan Perangkat Lunak Sistem Parkir Kendaraan Menggunakan Metode Design Thinking. *KLIK: KAJIAN ILMIAH INFORMATIKA DAN KOMPUTER*, 4(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.30865/klik.v4i5.1764>
- Armin, Edmund Ucok and Edra, Anggun Purnama and Alifin, Fakhri Ikhwanul and Sadidan, Ikhwanussafa and Sary, Indri Purwita and Latifa, & Ulinnuha. (2023). Performa Model YOLOv8 untuk Deteksi Kondisi Mengantuk pada pengendara mobil. *BRAHMANA: Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, 5(1), 67–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.30645/brahmana.v5i1.279>
- Auliya, K., Yusfi, M., & Rasyid, R. (2023). Sistem Pemantauan Slot Parkir Menggunakan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T dan Pengenalan Plat Nomor Kendaraan dengan ESP32-CAM. *Jurnal Fisika Unand*, 12(4), 534–540. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.4.534-540.2023>

- Ayub, M. E. (1996). *Manajemen masjid*. Gema Insani.
- Bertarina, B. A., & Arianto, W. (2021). Analisis kebutuhan ruang parkir (Studi kasus: Area parkir ICT Universitas Teknokrat Indonesia). *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 67–71. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/tekniksipilJurnalTeknikSipil>
- Darmawan, E. (2005). RUANG PUBLIK DAN KUALITAS RUANG KOTA. *Proceeding, Seminar Nasional PESAT 2005*.
- Efan, S. (2021). *IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING PENEMPATAN LOKASI PARKIR KENDARAAN BERBASIS IOT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3*. 6(11), 34–40. <http://ojs.journals.unisel.edu.my/index.php/icf/article/view/77>
- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *JURNAL ILMIAH ILMU KOMPUTER*, 4(1), 19–26. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i1.48>
- Erpa, R. R., -, W. W., & Rimra, I. L. (2018). Sistem Parkir Pintar (Menuju Smart Campus dengan Internet of Things). *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 14(1), 66. <https://doi.org/10.30630/jipr.14.1.112>
- Fandidarma, B., Laksono, R. D., & Pamungkas, K. W. B. (2021). Rancang Bangun Mobil Remote Control Pemantau Area berbasis IoT menggunakan ESP 32 Cam. *ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, 2(1), 31. <https://doi.org/10.25273/electra.v2i1.10522>
- Fauzan, Y. (2020). *Kotak penerima paket berbasis IoT menggunakan modul Esp32-cam* [B.S.} thesis]. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta .
- Girindraswari, Dyah Ayu and Soetedjo, Aryuanto and Prasetyo, Yoga and Susant, Wilhan Jechovanda and Somawirata, I Komang and Krismanto, & Awan Uji and others. (2021). Rancangan dan Implementasi Sistem Absensi dengan Sensor Fingerprint dan Sensor Suhu Non–Contact Berbasis IoT Menggunakan Google Sheets. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 2(1), 28–35. <https://doi.org/10.36040/alinier.v2i1.3545>
- Hayati, A. M. U. (2020). Shalat Sebagai Sarana Pemecah Masalah Kesehatan Mental (Psikologis). *Spiritualita*, 4(2), 1–12. <https://doi.org/10.30762/spr.v4i2.2688>
- Hayati, N. J., Singasatia, D., & Muttaqin, M. R. (2023). Object Tracking Menggunakan Algoritma You Only Look Once (YOLO)v8 untuk Menghitung Kendaraan. *Komputa : Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 12(2), 91–99. <https://doi.org/10.34010/komputa.v12i2.10654>

- Hidayani, W. R., & Santosa, A. F. (2024). Wearable IoT dalam Bidang Kesehatan: Tantangan dan Peluang. *Bincang Sains Dan Teknologi*, 3(02), 78–84. <https://doi.org/10.56741/bst.v3i02.599>
- Ibrahim, D. M., Walujodjati, E., & Ismail, A. (2014). STUDI PEMANFAATAN RUANG PUBLIK UNTUK LAHAN PARKIR DI JALAN CIKURAY GARUT. *Jurnal Konstruksi*, 11(1). <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.11-1.86>
- Januar Nabal, & Alfred Rodriques. (2014). EVALUASI KEBUTUHAN LAHAN PARKIR PADA AREA PARKIRAN KAMPUS FISIP UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1). <https://doi.org/10.24002/jts.v13i1.642>
- Junaidi, A. (2015). INTERNET OF THINGS, SEJARAH, TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA : REVIEW. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 1(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.33197/jitter.vol1.iss3.2015.66>
- Kamajaya, L., Pracoyo, A., Palupi, L. N., & Hidayat, A. R. (2023). SISTEM TELEMONITORING KESEHATAN BERBASIS IOT. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(2), 137–145. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i2.3062>
- Kusumaningtyas, & Rinda Hesti. (2016). Evaluasi dan perancangan sistem informasi lahan parkir. *Studia Informatika: Jurnal Sistem Informasi*, 9(1). <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/31517>
- M Iqbal Khanif Maulana, Eko Budihartono, & Muhammad Naufal. (2021). *SISTEM MONITORING SLOT PARKIR MOBIL DENGAN METODE SUBTRACTION BACKGROUND BERBASIS RASPBERRY PI*. <http://eprints.poltektegal.ac.id/id/eprint/1028>
- Mahmugi, Imam and Sulandari, & Eti and others. (2018). Evaluasi Kebutuhan Lahan Parkir pada Fakultas Teknik universitas Tanjungpura Pontianak. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, Dan Tambang*, 5(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jelast.v5i3.30440>
- Maulana, R., Pradani, E. R. K., & Yuniastuti, I. T. (2023). Prototype Smart Parking Berbasis KTM di Lingkungan Universitas Islam Raden Rahmat. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 2(3), 105–111. <https://doi.org/10.33379/metrotech.v2i3.3065>
- Mauludi, M., Wadud, A., & Bramayudha, A. (2021). Manajemen Fasilitas Parkir Di Masjid Al-Falah Surabaya. *Masjiduna : Jurnal Ilmiah Stidki Ar-Rahmah*, 2(1), 12–25. <https://doi.org/10.52833/masjiduna.v2i1.48>

- Megawati, S. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>
- Nugraha, F. (2016). *Manajemen Masjid: Panduan Pemberdayaan Fungsi-Fungsi Masjid*. Lekkas.
- Nugroho, K. T., Julianto, B., & Nur MS, D. F. (2022). Usability Testing pada Sistem Informasi Manajemen AKN Pacitan Menggunakan Metode System Usability Scale. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 11(1), 74. <https://doi.org/10.23887/janapati.v11i1.43209>
- Oktaviani, D. and W., S and Maharani, D. and A., & AN and Ishak, A. and Z. A. (2020). PENGAPLIKASIAN INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM MANUFAKTUR INDUSTRI FARMASI DI ERA INDUSTRI 4.0. *Farmaka*, 20(1), 115. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/farmaka.v20i1.37726>
- Pradipta, F. A. and R., Endang and Salam, & Rahmat Awaluddin. (2021). RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM PARKIR PINTAR BERBASIS IOT. *EProceedings of Engineering*, 8(2), 1891.
- Praniffa, A. C., Syahri, A., Sandes, F., Fariha, U., & Giansyah, Q. A. (2023). Pengujian Sistem Informasi Parkir Berbasis Web Pada UIN SUSKA RIAU Menggunakan White Box dan Black Box Testing. *Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi*, 1(1), 1–16. <https://doi.org/10.55583/jtisi.v1i1.321>
- Purwanto, H., & Prasetyo, B. (2022). Microcontroller Based Parking Lot Monitoring System Prototype. *International Journal of Research and Applied Technology*, 2(1), 132–141. <https://doi.org/10.34010/injuratech.v2i1.6742>
- Putra, D. I., Aisuwarya, R., Ardopa, S., & Purnama, I. (2018). Sistem Cerdas Reservasi dan Pemantauan Parkir pada Lokasi Kampus Berbasis Konsep Internet of Things. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 6(2), 57–63. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.6.2.2018.57-63>
- Putra Santosa, I. (2021). *Perancangan Pengalaman Pengguna Aplikasi Pemantauan Kegiatan Masjid Berbasis Piranti Bergerak Menggunakan Human-Centered Design (Kasus: Masjid Ibnu Sina Jl. Veteran, Malang)* [Thesis (Sarjana)]. UNIVERSITAS BRAWIJAYA.
- Qurrahman, N. T., Hasanuddin, T., & Mude, M. A. (2023). PROTOTYPE SISTEM PENGAWASAN PARKIRAN DAN KONTROL GERBANG MENGGUNAKAN ESP

- 32 CAM DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM. *Buletin Sistem Informasi Dan Teknologi Islam*, 4(4), 315–326. <https://doi.org/10.33096/busiti.v4i4.1755>
- Rachmadi, T. and K. S. (2020). *Mengenal apa itu internet of things* (Vol. 1). Tiga Ebook.
- Rahman, Saidur and Bhounik, & Poly. (2019). IoT Based Smart Parking System. *International Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering*, 4(1), 11–16.
- Riyanto, J., & Wasid, A. (2023). PERANCANGAN ALAT BANTU PARKIR MOBIL BERBASIS ESP32-CAM DAN SENSOR JARAK VL53L0X MENGGUNAKAN VLC. *Jurnal Informatika Dan Komputasi: Media Bahasan, Analisa Dan Aplikasi*, 17(1), 1–5. <https://doi.org/10.56956/jiki.v17i1.173>
- Rizki Misbah Hidayat. (2024). Dampak Teknologi IoT terhadap Mobilitas Cerdas dalam Konteks Smart City: Tinjauan Naratif. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro Dan Informatika*, 3(1), 01–08. <https://doi.org/10.61132/jupiter.v3i1.640>
- Sari, D. N., Priyopradono, B., & Akhir, A. F. P. (2024). Analisis dan Perancangan Sistem Smart Parking Berbasis RFID dengan Penggunaan Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) untuk Mengurangi Risiko Pencurian Kendaraan. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(4), 791–798. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i4.1561>
- Selay, Arief and Andigha, Gerald Dwight and Alfarizi, Andra and Wahyudi, Muhammad Izdhihar Bintang and Falah, Muhammad Noufal and Khaira, Mulil and Encep, & Muhammad. (2022). Internet Of Things. *Karimah Tauhid*, 1(6), 860–868. <https://doi.org/https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v1i6.7633>
- Septriyaningrum, I. A., Nugrahadi, D. T., & Ridwan, I. (2016). PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PROTOTYPE SISTEM PARKIR. *KLIK - KUMPULAN JURNAL ILMU KOMPUTER*, 3(2), 146. <https://doi.org/10.20527/klik.v3i2.59>
- Setiawan, D., Jaya, H., Nurarif, S., Syahputra, T., & Syahril, M. (2022). IMPLEMENTASI ESP32-CAM DAN BLYNK PADA WIFI DOOR LOCK SYSTEM MENGGUNAKAN TEKNIK DUPLEX. *JOURNAL OF SCIENCE AND SOCIAL RESEARCH*, 5(1), 159. <https://doi.org/10.54314/jssr.v5i1.807>
- Setlight, C. Y. Y. and C. M. S. D. and R. Y. E. (2022). Evaluasi Kinerja Kapasitas Parkir Dan Kebutuhan Ruang Parkir Di Masjid Al-Ikhlas Kota Malang. *Anggapa Journal-Building Design and Architecture Management Studies*, 1(2), 47–56.
- Utomo, T. P. (2020). POTENSI IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK PERPUSTAKAAN. *Buletin Perpustakaan*, 2(1), 1–18. <https://journal.uui.ac.id/Buletin-Perpustakaan/article/view/15173>

- Wahyu, A., Suhendri, S., & Heryono, H. (2019). Improvement of Parking Security System using Artificial Intelligence Imaging Technology. *Journal of Information Technology*, 1(2), 39–42. <https://doi.org/10.47292/joint.v1i2.9>
- Wibowo, A., Bachtiar, M. M., Renardi Adryantoro, P., & jurnal Pada, M. L. A. P. (2018). BAB II DASAR TEORI.
- Winarto, I. Z. L., Kholis, N., & Lilik Anifah. (2023). Rancang Bangun Purwarupa Aplikasi Masjid Pintar Menggunakan Platform Kodular Berbasis Internet di Masjid. *Impression : Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 2(2), 61–71. <https://doi.org/10.59086/jti.v2i2.288>

