

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar belakang masalah

Peningkatan jumlah kendaraan dan tempat parkir yang terbatas menyebabkan masalah-masalah yang berkaitan dengan tempat parkir seperti waktu yang terbuang untuk mencari *slot* parkir kosong, kemacetan, dan ketersediaan *slot* parkir yang tidak dimanfaatkan. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2015 sampai 2022 pada mobil penumpang, mobil bus, mobil barang, dan sepeda motor mencapai 40,8%, dengan total 148 juta kendaraan. Banyaknya kendaraan tersebut menjadi salah satu masalah utama di Indonesia[1] , di mana salah satu penyebabnya adalah aktivitas parkir kendaraan[2] .

Peningkatan penggunaan kendaraan juga terjadi di kampus Universitas Telkom, yang menimbulkan masalah dalam manajemen lahan parkir, khususnya di area parkir luar Gedung TULT. Peningkatan ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi kampus yang terdiri dari mahasiswa, staf, dan pengunjung yang menggunakan kendaraan pribadi. Hal tersebut menyebabkan masalah dalam aktivitas parkir kendaraan, seperti pengguna parkir yang harus menghabiskan waktu mencari tempat parkir kosong, adanya tempat parkir kosong yang tidak terlihat saat mencari, dan ketidakpastian mengenai ketersediaan *slot* parkir pada waktu tertentu.

Berdasarkan masalah di atas, diusulkan solusi perancangan sistem parkir pintar di luar Gedung TULT. Perancangan ini mencakup sistem indikator fisik slot parkir yang menunjukkan ketersediaan secara *real-time*, serta pengembangan aplikasi *mobile* Android yang memungkinkan pengguna memantau ketersediaan *slot* parkir dan melakukan reservasi. Diharapkan hasil perancangan ini dapat menyelesaikan masalah parkir mobil di luar Gedung TULT, sehingga pengguna dapat memarkirkan mobil tanpa harus menghabiskan waktu mencari *slot* parkir kosong dan memastikan ketersediaan parkir pada waktu yang diinginkan.

1.2 Analisa Masalah

Terdapat beberapa masalah yang muncul dalam penerapan sistem parkir pintar. Masalah tersebut muncul dari beberapa aspek, yaitu aspek ekonomi, aspek manufakturabilitas, aspek keberlanjutan, dan aspek skalabilitas. Aspek-aspek tersebut saling berelasi, di mana masalah pada satu aspek dapat mempengaruhi aspek lainnya.

1.2.1 Aspek Ekonomi

Implementasi sistem parkir pintar dengan indikator fisik slot parkir memerlukan investasi awal[3] yang signifikan, mencakup komponen utama seperti microcontroller, indikator fisik, dan infrastruktur pendukung. Berdasarkan tinjauan literatur[4], tantangan utama dalam implementasi ini adalah biaya tinggi untuk pengadaan perangkat keras berkualitas tinggi yang mampu bertahan di lingkungan *outdoor* dan memiliki umur pakai panjang. Studi dari Heliyon[3], menjelaskan bahwa penerapan sistem parkir pintar berbasis IoT di lingkungan parkir kota besar dapat mengurangi waktu pencarian parkir hingga 30%, yang tidak hanya menurunkan konsumsi bahan bakar kendaraan tetapi juga menekan emisi karbon, memberikan dampak ekonomi positif dalam skala besar. Untuk efisiensi ekonomi[4], pendekatan modular pada desain sistem memungkinkan fleksibilitas dalam penambahan *slot* parkir tanpa perlu mengubah infrastruktur secara menyeluruh, dengan penelitian menunjukkan bahwa modularitas desain dapat menghemat biaya hingga 20% dibandingkan dengan pendekatan konvensional yang membutuhkan rekonstruksi besar-besaran.

1.2.2 Aspek Manufakturabilitas

Tantangan utama dalam manufaktur sistem parkir pintar adalah memastikan perangkat keras, seperti indikator fisik, mampu bertahan di lingkungan luar ruangan[5] yang terpapar langsung hujan, panas, debu, dan kelembapan tinggi. Dalam proyek ini, sistem akan diimplementasikan di area parkir luar ruangan di depan Gedung TULT, yang minim naungan. Oleh karena itu, perangkat keras harus dirancang agar tahan terhadap kondisi lingkungan tersebut untuk menjaga umur panjang dan keandalan sistem.

Penelitian juga menyoroti pentingnya desain modular [5] untuk memfasilitasi pemasangan dan perawatan. Dengan desain modular, kerusakan pada satu modul tidak akan memengaruhi modul lainnya, sehingga mengurangi biaya perawatan dan waktu henti sistem. Strategi ini juga memungkinkan ekspansi sistem, seperti penambahan slot parkir baru, tanpa perlu melakukan perubahan besar pada infrastruktur yang ada.

Selain itu, perangkat keras, termasuk indikator dan tiang pemasangan, harus menggunakan material yang kokoh dan tahan lama[5] untuk mendukung operasional jangka panjang di lingkungan luar Gedung TULT. Dengan perancangan yang mempertimbangkan efisiensi biaya, ketahanan lingkungan, dan kemudahan perawatan, sistem parkir pintar dapat berfungsi optimal dan memiliki masa pakai yang panjang.

1.2.3 Aspek Skalabilitas

Sistem parkir pintar di area parkir luar Gedung TULT harus dirancang untuk menangani banyak slot parkir dan memungkinkan ekspansi ke area lain di masa depan. Berdasarkan studi literatur, desain berbasis modular memungkinkan penambahan perangkat baru tanpa memengaruhi performa sistem secara keseluruhan. Penelitian oleh Moguel[6] menunjukkan bahwa pendekatan ini mempermudah ekspansi dengan biaya yang efisien dan integrasi tanpa hambatan kinerja.

Penggunaan arsitektur berbasis cloud[7] juga penting untuk menangani data secara real-time, memastikan aplikasi mobile dapat memproses dan memperbarui data dari berbagai indikator fisik dengan efisien. Studi lain oleh Biyik[7], menggarisbawahi keberhasilan proyek parkir pintar di Barcelona yang mampu meningkatkan pemanfaatan area parkir hingga 25% melalui integrasi IoT dan aplikasi real-time, sambil mempertahankan performa saat jumlah pengguna meningkat.

Dengan mengadopsi desain modular, arsitektur cloud, dan teknologi IoT, sistem parkir pintar di TULT dapat mendukung pertumbuhan jumlah pengguna dan perluasan area parkir tanpa menurunkan performa inti sistem[6][7].

1.3 Tujuan Capstone

Pada perancangan Smart Parking System dari tujuan Capstone Design ini adalah:

1. Mengintegrasikan ilmu dan pengetahuan mahasiswa ke dalam aplikasi nyata

Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk merancang dan mengimplementasikan solusi *IoT* dan aplikasi *mobile* berbasis teknologi terkini untuk mengatasi permasalahan dunia nyata.

2. Mengatasi permasalahan manajemen lahan parkir

Merancang sistem parkir pintar yang memanfaatkan indikator fisik dan aplikasi mobile untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu pencarian slot parkir kosong.

3. Memastikan kinerja sistem yang memenuhi kebutuhan pengguna

Mengembangkan sistem dengan indikator fisik dan aplikasi Android yang dirancang untuk bekerja secara efisien, *real-time*, dan andal dalam berbagai kondisi operasional.

4. Menyediakan solusi yang *user-friendly* dan mudah dipahami

Merancang antarmuka aplikasi dan indikator fisik yang intuitif sehingga dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna dari berbagai latar belakang.

5. Meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasional tempat parkir

Membantu pengelolaan lahan parkir dengan solusi modular yang dapat disesuaikan untuk kebutuhan masa depan, sekaligus mempertimbangkan dampak lingkungan melalui pemilihan perangkat hemat energi.

1.4 Analisa Solusi yang Ada

Berdasarkan masalah-masalah yang dikaji dari latar belakang hingga analisa masalah, terdapat beberapa poin-poin solusi yang dapat diambil untuk inovasi yang akan dirancang pada sistem parkir pintar. Poin-poin tersebut mencakup:

1. Rancangan sistem parkir pintar yang akan di buat dapat menghitung banyaknya *slot* yang tersedia pada lahan parkir.
2. Sistem parkir pintar yang dirancang memerlukan sebuah aplikasi yang nyaman dan mudah digunakan bagi pengguna dengan memiliki fitur reservasi untuk *slot* parkir dikarenakan fitur ini akan berguna bagi pengguna lahan parkir, khususnya orang-orang penting seperti dosen atau mahasiswa yang tidak ingin menghabiskan waktunya untuk mencari *slot* parkir yang kosong.

Berdasarkan dengan poin-poin di atas terdapat hal yang telah dikaji pada beberapa literatur yang mengkaji mengenai sistem komputasi, perangkat keras dan perangkat lunak yang dipakai dalam perancangan sistem parkir pintar. Berikut beberapa solusi yang ada berdasarkan beberapa studi literatur.

1.5 Smart Parking System

Sistem parkir pintar yang telah dirancang berdasarkan beberapa studi literatur memiliki solusi yang berbeda-beda. Sistem yang dirancang pada[8] menggunakan sistem *edge computing*, dimana sistem tersebut menggunakan algoritma *machine learning* yang diterapkan di perangkat *IoT* pada *edge computing* untuk mendeteksi mobil pada tempat parkir. Lalu data hasil deteksi tersebut diolah dalam server untuk dilihat apakah *slot* kosong atau tidak dan menampilkan hasilnya pada komputer dekat server[8]. Perancangan sistem pada[9] menggunakan pendekatan yang berbeda, dimana sistem tersebut hanya memperbolehkan mobil yang telah reservasi saja yang boleh memasuki area parkir. Sistem[9] mendeteksi apakah *slot*

parkir kosong atau tidak menggunakan sensor *infrared*, lalu mengirimkan data dari hasil deteksi tersebut pada Arduino. Data slot tersebut kemudian dikirim menggunakan modul GSM ke pengguna dengan SMS, dimana SMS adalah tempat pengguna untuk reservasi dan memberitahu pengguna apakah terdapat slot yang kosong atau tidak dari data pada *cloud database* [9]. Perancangan sistem digunakan sensor SPIN-V (terdiri dari satu papan komputer, sensor jarak, kamera, indikator LED, *buzzer*, dan baterai) untuk mengetahui status slot parkir (berupa ada atau tidaknya mobil dan nomor kendaraan mobil tersebut) lalu mengirimkan data dari sensor tersebut ke *cloud*. Aplikasi *mobile* digunakan pada perancangan tersebut agar pengguna dapat melihat data status slot pada aplikasi *mobile* dari *cloud*, selain itu pengguna aplikasi *mobile* dapat reservasi *slot* parkir. Data dalam *cloud* juga terhubung pada tempat *monitoring* untuk memonitor mengenai data dari tempat parkir[10] .

1.6 Alternatif solusi Model Komputasi Sistem Parkir Pintar

Model komputasi parkir pintar memiliki jenis yang berbeda-beda yaitu komputasi *cloud*, komputasi *fog*, dan komputasi *edge*. Setiap jenis komputasi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing yaitu dari segi latensi pengiriman data, kecepatan pengiriman data, tingkat keamanan sistem, dan lainnya. Percobaan membandingkan komputasi *cloud* dengan komputasi *edge* dari data gambar tangkapan kamera pada sistem parkir pintar dilakukan dengan menggunakan simulasi aplikasi iFogSim, dimana hasil menggunakan komputasi *fog* memiliki latensi lebih rendah dibandingkan menggunakan komputasi *cloud* yaitu 10,73 ms pada komputasi *fog* dan 2886,9 ms pada komputasi *cloud* dengan jumlah kamera 48 buah[11]. Penelitian[12] membuat *framework* sistem parkir pintar dengan menggunakan komputasi *fog* karena komputasi *cloud* memiliki keterbatasan latensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan komputasi *fog*. Selain itu sistem parkir pintar dapat menggunakan komputasi *edge*, dimana pada[13] melakukan komputasi *machine learning* pada *edge* untuk melakukan klasifikasi mengenai ketersediaan slot yang data hasil klasifikasinya dikirimkan ke layer *cloud*.

1.7 Alternatif Solusi Mobile Application

1.7.1 Sistem Mobile Application berbasis Flutter

Solusi pertama untuk mengembangkan sebuah sistem parkir pintar ke dalam sebuah aplikasi agar mudah diakses oleh pengguna yaitu untuk sistem parkir pintar yang akan rancang,

akan menggunakan program berbasis Flutter dan SDK dari pemrograman Dart. Keluaran aplikasi yang dihasilkan pada program bahasa Flutter cukup besar dibandingkan dengan aplikasi *native* lainnya. Berdasarkan *website* 'softwareseni.com', kelemahan dari penggunaan program bahasa Flutter adalah pada ukuran *file* aplikasi yang dihasilkan cenderung lebih besar yang mengakibatkan proses yang memakan performa *device*.

1.7.2 Sistem Mobile Application berbasis HTML, CSS, dan JavaScript

Solusi kedua untuk mengembangkan sebuah sistem parkir pintar ke dalam sebuah aplikasi agar mudah diakses oleh pengguna, yaitu menggunakan bahasa pemrograman berbasis JavaScript, HTML, dan CSS. Bahasa pemrograman ini cenderung sangat minim dalam hal UI/UX yang dihasilkan. Berdasarkan *website* 'softwareseni.com', kelemahan dari penggunaan program bahasa HTML, CSS, dan JavaScript adalah keterbatasan dalam tampilan yang dibuat menggunakan komponen yang kurang baik.

1.8 Alternatif Solusi Perangkat Microcontroller

1.8.1 Arduino Uno R3 Atmega328p

Perangkat Arduino Uno R3 ATmega328p merupakan perangkat mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Perangkat tersebut memiliki 14 *pin input/output* digital, 6 *input* analog, 16MHz resonator, koneksi USB, *header* ICSP, dan tombol reset. Chip Atmega328p pada Arduino Uno R3 memiliki *clock speed* sebesar 16MHz.

1.8.2 Arduino Uno Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler yang berbasis chip Atmega2560. Arduino Mega 2560 memiliki *pin input/output* digital sebanyak 54 buah, 16 *pin input* analog, 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, *header* ICSP, dan tombol reset.

1.8.3 Teensy 4.0

Teensy 4.0 adalah mikrokontroler single board tercepat saat ini. Teensy 4.0 memiliki *clock speed* sebesar 600MHz. Perangkat ini memiliki 40 *input/output* *pin* digital, 7 serial, 3SPI, 3 I2C ports, 14 *pin* analog, dan koneksi USB. Mikrokontroler ini dapat diprogram melalui perangkat lunak Arduino IDE, Teensyduino, Visual Micro, PlatformIO, CircuitPython, dan Command Line with Makefile. Prosesor yang digunakan oleh Teensy 4.0 yaitu ARM Cortex-M7.

1.8.4 ESP32

ESP32 merupakan Chip Modul WiFi yang sangat cocok digunakan untuk aplikasi IoT (Internet of Things). ESP32 memiliki prosesor CPU dual core dengan operasi kerja 160MHz sampai 240MHz. ESP32 memiliki Wi-Fi berprotokol 802.11n dengan frekuensi 2.4 GHz dan kecepatan diatas 150 Mbps.

1.8.5 ESP8266

ESP8266 merupakan Chip Modul WiFi yang sangat cocok digunakan untuk aplikasi IoT (Internet of Things). ESP8266 memiliki prosesor CPU single core dengan operasi kerja 80MHz. ESP8266 memiliki Wi-Fi berprotokol IEEE 802.11n dengan frekuensi 2.4 GHz dan kecepatan lebih dari 72 Mbps.

1.8.6 ESP32-S3

ESP32-S3 adalah mikrokontroler canggih yang dirancang untuk aplikasi IoT dan AI, dilengkapi dengan prosesor dual-core LX7 hingga 240 MHz dan dukungan akselerasi AI melalui instruksi vektor. Mikrokontroler ini memiliki 512 KB SRAM dan hingga 16 MB PSRAM, dengan sistem nirkabel andal yang mendukung Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 5.0 (LE). ESP32-S3 menawarkan jumlah GPIO lebih banyak, fungsionalitas USB OTG bawaan, dan periferal yang lebih baik, cocok untuk aplikasi kompleks seperti inferensi AI dan sistem IoT real-time. Dibandingkan ESP32 biasa, ESP32-S3 unggul dalam kemampuan AI, memori lebih besar, dan konektivitas yang lebih baik.