

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 habis untuk mencari slot parkir kosong, kemacetan, dan ketersediaan slot parkir kosong yang sia-sia. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor dari tahun 2015 sampai 2022 pada mobil penumpang, mobil bis, mobil barang, dan sepeda motor yaitu sebesar 40,8% dengan jumlah kendaraan sebanyak 148 juta kendaraan. Banyaknya kendaraan tersebut menjadi salah satu masalah utama di Indonesia [1], dimana salah satu penyebabnya adalah dalam kegiatan parkir kendaraan [2].

Peningkatan penggunaan kendaraan juga terjadi di kampus Telkom University yang menimbulkan masalah dalam manajemen lahan parkir, khususnya di tempat parkir Luar Gedung TULT. Peningkatan tersebut disebabkan oleh pertumbuhan populasi kampus yang terdiri dari mahasiswa, staf, dan pengunjung yang menggunakan kendaraan pribadi. Hal tersebut menyebabkan masalah pada kegiatan parkir kendaraan. Masalah yang terjadi yaitu pengguna tempat parkir kampus harus menghabiskan waktu untuk mencari tempat parkir yang kosong, terdapat tempat parkir kosong yang tidak terlihat ketika mencari tempat parkir, dan tidak dapat memastikan terdapat slot parkir yang kosong pada waktu tertentu.

Berdasarkan masalah di atas, solusi perancangan sistem parkir pintar di luar gedung TULT diusulkan. Pada perancangan ini akan dibuat sistem parkir pintar yang disesuaikan dengan kondisi pada tempat parkir di luar gedung TULT khususnya tempat parkir mobil. Hasil dari perancangan ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah kegiatan parkir mobil di luar gedung TULT yaitu agar pengguna tempat parkir mobil dapat memarkirkan mobilnya tanpa harus menghabiskan waktu untuk mencari slot parkir kosong dan pengguna dapat memastikan dapat parkir pada waktu yang diinginkannya.

1.2 Tujuan Capstone

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

1. Memberikan pengalaman secara langsung kepada mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu dan pengetahuan kedalam suatu proyek nyata

2. Dalam mengatasi permasalahan manajemen lahan parkir, perancangan *Smart Parking System* dapat menyelesaikan permasalahan tersebut.
3. Perancangan *Smart Parking System* yang akan dibuat, memiliki kinerja yang sudah memenuhi kriteria yang diinginkan
4. Perancangan *Smart Parking System* yang dirancang diharapkan dapat mudah dipahami oleh pengguna

1.3 Analisis Umum

Terdapat beberapa masalah yang muncul dalam penerapana sistem parkir pintar. Masalah tersebut muncul dari beberapa aspek yaitu aspek teknis, aspek ekonomi, aspek lingkungan, dan aspek hukum. Aspek-aspek tersebut saling berelasi, dimana masalah aspek yang satu dapat mempengaruhi aspek masalah yang lainnya.

1.3.1 Aspek Ekonomi

Penerapan sistem sistem parkir pintar memerlukan biaya yang signifikan. Pilihan sensor-sensor yang digunakan untuk sistem parkir pintar meliputi sensor radar, sensor infrared, dan sensor ultrasonik memerlukan biaya perawatan secara periodik [3]. Selain itu terdapat beberapa jenis sensor tidak dapat mencakup ruang yang besar, sehingga semakin luas tempat parkir, maka sangat membutuhkan kuantitas sensor yang banyak dan biaya yang dikeluarkan akan semakin besar [4].

1.3.2 Aspek Manufakturabilitas

Terdapat beberapa tantangan yang muncul dari pilihan alat yang digunakan dalam aspek manufakturabilitas. Berdasarkan [3] dan [5], sensor ultrasonik jika dipasangkan di area terbuka dapat terganggu oleh objek yang berada lingkungannya, seperti contoh yaitu terganggu oleh air hujan. Alternatif lain yaitu penggunaan kamera juga memiliki keterbatasan misalnya, oklusi, efek bayangan, distorsi, dan perubahan kondisi pencahayaan [3]. *Inductive loop detector* memiliki kekurangan dimana alat ini memiliki biaya yang tinggi untuk pemasangan dan pemeliharanya [6].

1.3.3 Aspek Keberlanjutan (*Sustainability*)

Dalam aspek keberlanjutan, produk sistem parkir pintar dapat menghadapi beberapa tantangan. Misalnya, produk tersebut dapat mengalami kerusakan akibat cuaca yang berubah-ubah, kelalaian pengguna, atau faktor lainnya. Oleh karena itu, penting untuk memilih bahan dan komponen yang tahan lama dan melakukan pemeliharaan secara berkala

Selain itu pada aspek keberlanjutan, keamanan data juga menjadi perhatian utama. Penting untuk mengatasi tantangan seperti masalah privasi, keamanan data, dan persyaratan infrastruktur untuk sepenuhnya memanfaatkan potensi alat sistem parkir pintar [3]. Sebagian besar referensi makalah sistem parkir pintar tidak mengimplementasikan sistem keamanan seperti kasus yang menggunakan teknologi seperti WiFi yang tidak dilengkapi fitur keamanan [4].

1.3.4 Aspek Skalabilitas (*Scalability*)

Tempat parkir di luar gedung TULT memiliki area yang luas. Cakupan komprehensif, skalabilitas sensor, dan teknologi lain harus dipastikan agar dapat mengakomodasi ruang parkir dalam jumlah besar [3]. Arsitektur dari perangkat lunak pun harus cukup kuat untuk menghadapi jumlah informasi yang besar dan memberikan layanan kepada pengguna dalam skala besar [4]. Infrastruktur dan pemanfaatan ruang di luar gedung TULT.

Pengembangan sistem parkir pintar memerlukan integrasi beberapa komponen dasar seperti infrastruktur, sistem perangkat lunak, sensor data untuk posisi kosong, dan studi tentang perilaku parkir dan pengemudi [7].

1.4 Informasi Tambahan

1.4.1 Anggota dan *Jobdesk*

Tabel 1. 1 Data Mahasiswa

Nama Mahasiswa	NIM	Kelas	Angkatan	Jobdesk
Aryandhika Ibnu Raihan	1101201512	TT-44-05	2020	Perancang Hybrid web Application dan database (Sub Sistem II)
Naufal Riz Kifli	1101200120	TT-44-05	2020	Perancang algoritma deteksi ketersediaan slot parkir menggunakan model <i>machine learning</i> dari CCTV (Sub Sistem I & III)
Matthew Jonathan El Rindengan	1101204105	TT-44-05	2020	Perancang Mikrocontroller (Sub Sistem IV)

1.5 Solusi Sistem yang Diusulkan

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.

1.5.1 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* 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 mereservasi saja yang boleh memasuki area parkir. Sistem [9] mendeteksi apakah slot parkir kosong atau tidak menggunakan sensor *infra red*, 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 mereservasi dan memberitahu pengguna apakah terdapat slot yang kosong atau tidak dari data pada *cloud database* [9]. Perangan sistem [10] 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 plat nomor 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 mereservasi slot parkir. Data dalam *cloud* juga terhubung pada tempat monitoring untuk memonitor mengenai data dari tempat parkir [10].

1.5.2 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*.

1.5.3 Alternatif Solusi Sensor Pendeteksi Ketersediaan Slot Parkir

Pemilihan sensor pendeteksi ketersediaan slot parkir mobil bergantung pada beberapa faktor sesuai dengan lokasi perancangan sistem parkir pintar yaitu tempat parkir mobil luar gedung TULT (Telkom University Landmark Tower). Kondisi lingkungan tempat parkir mobil seperti banyaknya slot parkir mobil yang harus dicakup, jenis tempat parkir mobil (*indoor/outdoor*), dan cuaca di tempat parkir mempengaruhi pemilihan sensor yang akan digunakan untuk mendeteksi [14].

1.5.3.1 Sensor kamera

Sensor kamera adalah salah satu sensor untuk mendeteksi ketersediaan slot pada sistem parkir pintar dengan mengambil data gambar secara *real time* pada tempat parkir. Gambar hasil tangkapan kamera tersebut diolah menggunakan teknik pengolahan sinyal gambar [4] [15]. Kamera untuk mendeteksi mobil jika dipasang di tempat parkir luar ruangan dapat terkena dampak cuaca, namun dengan melatih algoritma hal tersebut dapat diperbaiki [4]. Deteksi ketersediaan slot parkir menggunakan kamera memiliki biaya penerapan dan pemeliharaan yang mahal [15], namun satu sensor kamera dapat menganalisis lebih dari satu slot parkir sehingga lebih efektif dalam hal pembiayaan pada area tempat parkir yang luas [16]. Hasil

tangkapan dari kamera dapat menghasilkan fitur lebih banyak dibandingkan sensor lainnya dengan penangkapan informasi secara *real-time* [4].

1.5.3.2 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan salah satu sensor untuk mendeteksi ketersediaan slot parkir. Sensor ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik lalu sensor tersebut dapat mengetahui jarak dari hasil pantulannya [15]. Sensor ultrasonik biasanya digunakan pada fasilitas *indoor* karena jika sensor ultrasonik digunakan di luar ruangan, sensor tersebut dapat terganggu oleh cuaca seperti air hujan [15]. Sensor ultrasonik memiliki harga yang murah, namun jika diterapkan dalam jumlah yang banyak biaya instalasi dan perawatan dapat naik secara signifikan [3].

1.5.3.3 Sensor Infra Merah Pasif

Sensor infra merah pasif adalah sensor yang dapat mendeteksi perubahan radiasi tanpa harus memancarkan radiasi infra merah [15]. Proses deteksi sensor infra merah pasif dapat terganggu oleh cuaca, sehingga dapat menurunkan performa sistem parkir pintar [16]. Sensor ini lebih cocok digunakan pada tempat parkir *indoor* dibandingkan dengan tempat parkir *outdoor* [3].

1.5.3.4 Sensor Infra Merah Aktif

Sensor infra merah aktif adalah sensor yang dapat mendeteksi perubahan radiasi dari pantulan sinyal inframerah yang dipancarkannya [15]. Proses deteksi dari sensor ini rentan terhadap cuaca seperti hujan, kabut, sinar matahari, dan salju [16] [3]. Penerapan yang banyak dapat menyebabkan harga yang signifikan pada penggunaan sensor infra merah aktif [15].

1.5.3.5 Magnetometer

Magnetometer adalah salah satu sensor untuk mendeteksi ketersediaan slot parkir, dimana sensor ini dapat mengukur medan elektromagnetik untuk mendeteksi objek logam yang besar [4]. Sensor magnetometer tidak sensitif terhadap cuaca sehingga cocok untuk digunakan pada tempat parkir *indoor* maupun *outdoor* [3]. Magnetometer memiliki kekurangan dalam hal harga dan pemasangan, dimana sensor ini memiliki harga instalasi yang tinggi [3] dan perlu menggali aspal terlebih dahulu untuk memasangnya [16].

1.5.3.6 RADAR

RADAR (Radio Detection and Ranging) digunakan untuk mendeteksi mobil dengan mendeteksi pantulan gelombang *microwave*, lalu mengukur jaraknya berdasarkan kecepatan gelombang yang tersebut [3]. RADAR yang dapat digunakan untuk mendeteksi benda diam adalah RADAR berjenis Doppler sehingga dapat diterapkan untuk mendeteksi ketersediaan slot [3]. Deteksi ketersediaan slot parkir menggunakan RADAR dapat menggunakan algoritma *machine learning* dari hasil tangkapan radar dalam bentuk gambar dua dimensi [4] [15]. Deteksi objek menggunakan RADAR dengan gelombang *microwave* memiliki kelebihan tahan terhadap perubahan cuaca sehingga cocok untuk digunakan pada tempat parkir *indoor* maupun *outdoor* [3] [15]. Namun teknik deteksi ini memiliki biaya yang tinggi untuk penerapan dan perawatan [15].

1.5.4 Alternatif Solusi Model Deteksi Objek Mobil pada Data Gambar

Beberapa model deteksi mobil dari data gambar memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Setiap model tersebut memiliki spesifikasi yang berbeda-beda yaitu dari segi kecepatan pemrosesan gambar, tingkat keakuratan deteksi objek mobil, dan tingkat keakuratan klasifikasi objek mobil. Dataset KITTI yang dimana gambarnya diambil di jalan raya, menjadi dataset untuk pengetesan model Faster R-CNN ResNet [17], YOLOv3 dan YOLOv5 [18]. Pada penelitian tersebut model Faster R-CNN ResNet mendapatkan nilai F1 terbaik yaitu sebesar 76,9% dengan mengubah parameter 'learning rate' menjadi 0,0001. Percobaan YOLOv3 dan YOLOv5 menghasilkan hasil nilai mAP sebesar 56% sedangkan YOLOv5 sebesar 84,81% dengan mengubah beberapa *hyperparameter* yaitu *learning rate*, *object scales*, dan *thresholds* [18]. Kecepatan pemrosesan data pada penelitian tersebut yaitu 15 ms, 35 ms, dan 2763 ms pada model YOLOv3, YOLOv5, dan Faster R-CNN secara berurutan dengan menggunakan GPU NVIDIA Quadro P5000, CPUE3, dan RAM 64GB [17]. Selain itu model YOLOv8 digunakan untuk deteksi mobil dan klasifikasi jenis mobil dengan menggunakan dataset yang diambil di jalan Iraqi sebanyak 7500 data [19]. Model YOLOv5 pada penelitian tersebut mendapatkan nilai mAP sebesar 92,4% dengan nilai skor F1 tertinggi sebesar 96% pada kelas TAXI (TAXI-F, TAXI-R, dan TAXI-S) dan skor F1 terendah dengan nilai 90% pada kelas CAR-F dan CAR-S [19]. Penelitian lainnya menggunakan model berbasis *transformer* DETR-SPP (Detection Transformer) untuk mendeteksi kendaraan dengan menggunakan dataset MS COCO, dimana hasil nilai mAP didapatkan lebih besar dibandingkan dengan YOLOv3-tiny, SSD, dan Faster R-CNN yaitu 51,31% [20]. Nilai kecepatan pemrosesan data menggunakan

model DETR-SPP tersebut sebesar 53 FPS, dimana hasil tersebut lebih kecil dibandingkan dengan YOLOv3-tiny, DETR (*original*), dan faster R-CNN [20].

1.5.5 Alternatif Solusi *Mobile Application*

1.5.5.1 Sistem *Mobile Application* berbasis Flutter

Solusi pertama untuk mengembangkan sebuah sistem parkir pintar kedalam sebuah aplikasi agar mudah diakses oleh pengguna yaitu untuk sistem parkir pintar yang akan dirancang, 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*.

1.5.5.2 Sistem *Mobile Application* berbasis HTML, CSS, dan JavaScript

Solusi kedua untuk mengembangkan sebuah sistem parkir pintar kedalam 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.

1.5.6 Alternatif Solusi Perangkat *Microcontroller*

1.5.6.1 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, sebuah colokan daya, header ICSP, dan tombol reset. Chip Atmega328p pada Arduino Uno R3 memiliki *clock speed* sebesar 16MHz.

1.5.6.2 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, sebuah colokan daya, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Mega 2560 kompatibel dengan banyak *shields*.

1.5.6.3 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.

1.5.7 Alternatif Solusi Perangkat *Microcontroller* Tergintegrasikan WiFi

1.5.7.1 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.

1.5.7.2 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.

1.6 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Proyek *Capstone Design* ini menggarisbawahi dalam pentingnya penyelesaian masalah terkait sistem parkir pintar dalam lingkup lingkungan kampus, khususnya area parkir gedung TULT. Terdapat kesimpulan yang didapat, meliputi:

1. Masalah parkir yang tidak terkendali, pertumbuhan populasi kampus, serta adanya keterbatasan dalam lahan parkir, menciptakan tantangan baru dalam mengatasi permasalahan di bidang ketersediaan lahan parkir.
2. Perancangan sistem parkir pintar dapat menjadi sebuah ide baru dalam mengatasi permasalahan lahan parkir yang ada.
3. Melihat banyaknya jenis hardware yang dapat diimplementasikan dan memiliki keterbatasan dari masing-masing jenis hardware menjadi tantangan tersendiri dalam memilih sensor yang tepat, baik dari aspek ekonomi hingga skalabilitas.
4. Banyaknya bahasa pemrograman dalam perancangan aplikasi *mobile* menjadi tantangan dalam pemilihan bahasa pemrograman yang terbaik untuk diimplementasikan kedalam perancangan aplikasi *mobile*.

Melihat banyaknya urgensi serta kompleksitas masalah parkir di lingkungan kampus, diharapkan agar proyek sistem parkir pintar ini dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi kampus.