

SISTEM PENENTUAN TARIF PARKIR PADA AREA PELABUHAN BERDASARKAN GOLONGAN KENDARAAN BERBASIS IOT

1st Dewa Nusantara Murdoko Putra
Teknologi Informasi
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

boimurdoko@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Helmy Widyantara
Teknologi Informasi
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

helmywidyantara@telkomuniversity.ac.id

3rd Philip Tobianto Daely
Teknologi Informasi
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

ptdaely@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Sistem parkir di area pelabuhan memiliki tantangan tersendiri dalam penentuan tarif yang adil dan efisien, terutama karena banyaknya jenis kendaraan dengan kapasitas dan keperluan berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penentuan tarif parkir berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan teknologi RFID, sensor Load Cell, serta mikrokontroler ESP8266. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi identitas kendaraan dan mengukur berat kendaraan secara otomatis, sehingga dapat menentukan tarif parkir berdasarkan golongan kendaraan. Metode kerja sistem dimulai dari proses registrasi kendaraan menggunakan RFID dan pengukuran berat oleh Load Cell. Data yang diperoleh akan dikirimkan ke server melalui koneksi WiFi untuk disimpan di database. Sistem menghitung tarif parkir secara otomatis sesuai golongan dan berat kendaraan, serta memungkinkan pengenaan tarif tambahan apabila terjadi kelebihan beban. Penelitian ini juga mengakomodasi kemungkinan perbaikan sistem di masa depan, seperti integrasi kamera pengenalan plat nomor, penggunaan sistem semi otomatis saat RFID rusak, serta pengembangan algoritma tarif progresif. Selain itu, disiapkan solusi terhadap kendala seperti keterbatasan RFID, formulir registrasi berlebih, ketidaktersediaan jaringan WiFi, dan potensi kegagalan sensor melalui prosedur manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kendaraan secara tepat dan efisien, serta menghitung tarif berdasarkan parameter yang ditentukan.

Kata kunci— IoT, RFID, Load Cell, Penentuan Tarif Parkir, Sistem Parkir Pelabuhan

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan wilayah terluas dan jumlah penduduk terbesar di dunia. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki lebih dari 3.700 pulau dengan garis pantai yang membentang sepanjang 80.000 km, setara dengan dua kali keliling bumi melalui khatulistiwa (Bambang Triatmodjo, Pelabuhan). Jika dibandingkan antara luas perairan dan daratan, sekitar 63.21% wilayah Indonesia

terdiri dari perairan. Oleh karena itu, keberadaan sarana dan prasarana transportasi menjadi faktor penting dalam mendukung konektivitas antar pulau [1]. Seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk, maka penggunaan mobil juga meningkat [2]. Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, berbagai perangkat elektronik terus bermunculan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan mempermudah pekerjaan manusia. Kehadiran teknologi ini memiliki peran penting dalam era modernisasi, di mana penggunaannya sudah menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari. Kemajuan teknologi juga mendorong perubahan pola pikir manusia untuk terus mencari solusi inovatif yang dapat membantu mempermudah aktivitas mereka. Kebutuhan sistem yang lebih cepat dan praktis menjadi prioritas utama. Salah satu inovasi yang mendukung efisiensi dan kenyamanan tersebut adalah sistem penimbangan otomatis yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) untuk mengirimkan data hasil pengukuran secara real-time [3]. Dalam menentukan pengangkutan barang yang akan dimasukkan ke kapal, harus menyesuaikan standart berat yang bisa di angkut oleh kapal yang akan mengangkut barang. Hal itu dilakukan agar kapal beroperasi tidak mengalami insiden (kecelakaan) [4].

Truk dengan muatan berlebih dapat menyebabkan kerusakan jalan karena beban yang dibawanya melebihi kapasitas standar jalan. Berdasarkan survei yang dilakukan oleh The Asia Foundation, truk-truk yang beroperasi di sembilan jalur survei rata-rata mengalami kelebihan muatan hingga 45%, atau sekitar 4 ton lebih berat dari batas maksimal yang diizinkan di jembatan timbang. Selain itu, praktik pungutan liar juga masih menjadi masalah di jembatan timbang, di mana sekitar 22% dari total biaya transportasi yang dikeluarkan pengemudi truk berasal dari pungutan tidak resmi[3]. Teknologi Internet of Things (IoT) merujuk pada suatu jaringan yang menghubungkan berbagai objek dengan identitas pengenalan dan alamat IP, yang memungkinkan objek-objek tersebut saling berkomunikasi dan bertukar informasi tentang diri mereka sendiri dan lingkungan sekitarnya. Objek-objek dalam sistem IoT dapat menggunakan dan

menyediakan layanan serta bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama. Dengan kemampuannya ini, IoT telah mengubah definisi internet dari sekadar komputasi di mana saja, kapan saja, dan bagaimana saja menjadi inklusif dalam hal objek apa saja, siapa saja, dan layanan apa saja yang terlibat[5]. Sistem monitoring penempatan lokasi parkir yang dibangun pada penelitian ini berbasis Internet of Thing (IoT). Pemanfaatan Internet of Things dilakukan untuk memantau kondisi area parkir dan juga memantau kendaraan yang masuk maupun yang keluar dari area parkir[6]. Penelitian ini dilakukan di area pelabuhan Pelindo Surabaya yang berfokus pada area parkir. Pada saat keadaan pelabuhan sedang padat mengantri di area lahan parkir, itu bisa memakan waktu lama untuk mengantri dan pengendara yang sedang terburu-buru tidak bisa sampai tepat waktu. Karena terkadang mereka yang ingin berpergian jauh menggunakan kapal tidak memperhitungkan macet yang akan ditimbulkan di area pelabuhan karena banyak sekali pengendara selain mobil pribadi yang membawa beban berat ke pulau lain, dan menyebabkan macet yang panjang dan saat ingin memasuki area parkir, itu akan memakan waktu yang lama. Maka dari itu penelitian ini diambil dengan tujuan area parkir yang pada saat jam padatnya pelabuhan bisa lebih terarah, dan bisa menentukan tarif kendaraan berdasarkan golongan kendaraan dan berat kendaraanya yang dilakukan secara otomatis.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti merancang sebuah alat untuk membantu mengidentifikasi golongan kendaraan dan menentukan tarif berdasarkan golongan jenis kendaraan yang sudah diidentifikasi menggunakan RFID yang sudah di scan saat awal untuk mencatat identitas kendaraan saat memasuki area parkir dan menghubungkannya dengan data yang sudah tersimpan saat di scan pertama masuk di database yang sudah dibuat. Kemudian Load cell, yang berfungsi untuk menimbang berat kendaraan pada saat kendaraan masuk dan di timbang untuk mengetahui berat kendaraan yang sudah fix di sistem dan pada saat keluar, kendaraan harus melakukan scan ulang RFID untuk mengetahui informasi tarif parkir berdasarkan golongan kendaraan yang sudah diidentifikasi saat awal masuk. Penelitian ini menghasilkan sistem yang bisa menentukan tarif kendaraan berdasarkan golongan kendaraan dan berat kendaraan secara otomatis menggunakan RFID yang bisa mengidentifikasi kendaraan hanya dengan melakukan scan dan juga mengetahui beban kendaraanya melalui Load Cell secara otomatis, dan bisa mengetahui apakah kendaraan tersebut masuk kedalam golongan kendaraan itu sendiri atau berubah golongan pada saat ditimbang di area masuk lahan parkir.

II. KAJIAN TEORI

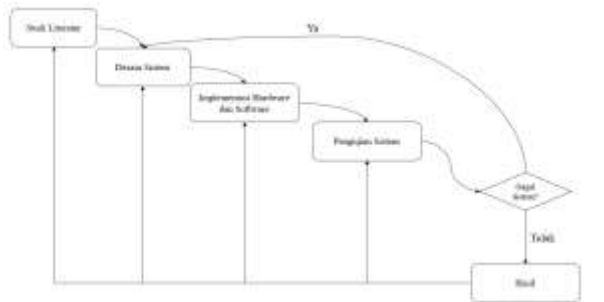
A. Nasional Malang pada tahun 2019, melakukan monitoring dan kontroling Penelitian Pertama, dilakukan oleh Yengki Maskurdianto dari Institut Teknologi parkir bertingkat otomatis berbasis arduino dengan implementasi IoT[7]. Kekurangan penelitian ini adalah tidak melakukan klasifikasi kendaraan, dan berfokus hanya pada ketersediaan slot parkir. Tidak ada integrasi Load Cell atau Load Cell, karena itu perbedaan nya dengan Tugas Akhir ini adalah penentuan tarif parkir otomatis berdasarkan berat kendaraan, memiliki Load Cell maupun RFID dan juga digunakan untuk

mengidentifikasi kendaraan. Tarif parkir pun menjadi fokus utama dalam sistem ini.

- B. Penelitian dilakukan oleh Rosmiati, Pratama Hidayatullah, dan Arif Nuraeni dari Universitas Islam Makassar pada tahun 2021, melakukan perancangan prototype sistem keamanan parkir otomatis berbasis RFID[8]. Kekurangan penelitian ini adalah hanya focus pada sistem keamanan dan tidak adanya penentuan tarif parkir otomatis maupun sistem penimbangan kendaraan. Perbedaan dengan Tugas Akhir ini adalah Sensor utama yang digunakan adalah RFID dan Load Cell, proses klasifikasi kendaraan berdasarkan berat kendaraan, dan penentuan tarif parkir otomatis di pelabuhan.
- C. Penelitian dilakukan oleh Agung Setia Budi dan Raihan Athallah Aditya dari Universitas Brawijaya pada tahun 2021, melakukan Penelitian tentang keamanan parkir berbasis RFID dengan protocol MQTT[9]. Kekurangan dari penelitian ini adalah berfokus pada keamanan, bukan manajemen parkirnya, dan tidak membahas klasifikasi kendaraan berdasarkan berat atau golongannya. Perbedaan dengan Tugas Akhir ini adalah Menentukan tarif parkir otomatis berdasarkan berat, dan focus teknologinya ke Load Cell dan RFID untuk klaisifikasi kendaraan dan tarif.
- D. Penelitian dilakukan oleh M Sigid Pamungkas, Haryansyah, Heriansyah, dan Syahrudin Effendi dari STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati pada tahun 2017, melakukan Rekayasa sistem parkir berlangganan menggunakan RFID[10]. Hasil dari penelitian ini adalah sistem ini dapat mengurangi antrian dan mempermudah pengelolaan parkir bagi pengguna berlangganan. Namun kekurangan sistem disini adalah masih Semi Otomatis karena operator masih berperan dalam memverifikasi data dan membuka portal secara manual. Perbedaan nya dengan penelitian Tugas Akhir ini adalah Operator hanya membantu registrasi di awal, dan penentuan tarif parkir berdasarkan berat kendaraan.
- E. Penelitian dilakukan oleh Okto Kurnia dan Bias Yulisa Geni dari Politeknik Bhatik Kartini pada tahun 2021, melakukan Sistem parkir berbasis web dan kit seri RFID di Hasim Teknik Karawang[11]. Kekurangan di penelitian ini adalah tidak dapat mempertimbangkan klasifikasi kendaraan berdasarkan berat, dan tidak ada solusi saat koneksi Wi-Fi terputus. Perbedaan dengan Tugas Akhir ini adalah dirancang lebih fleksibel karena dapat beroperasi jika sistem mengalami kegagalan serta menentukan tarif berdasarkan golongan dan berat kendaraan yang telah ditentukan.
- F. Penelitian dilakukan oleh Bagas Saftaji dan Sondang Sibuea dari Universitas Mohammad Husni Thamrin pada tahun 2020, merancang sistem monitoring beban kendaraan menggunakan teknologi sensor Load Cell [12]. Kekurangan penelitian ini Sistem tidak dapat diintegrasikan dengan sistem parkir atau tarif, serta hanya terfokus pada pembacaan beban kendaraan tanpa ada klasifikasi kendaraan atau golongan, dan juga tidak menggunakan RFID untuk mengidentifikasi kendaraan. Namun Perbedaannya dengan Tugas Akhir saya yaitu menggunakan RFID untuk mengidentifikasi kendaraanya, digunakan di area pelabuhan lahan parkir Semi Otomatis.

III. METODE

Dalam studi ini, penelitian menggunakan pendekatan metode Waterfall untuk mengembangkan sistem parkir otomatis berbasis IoT. Metode Waterfall dipilih karena pendekatan ini menyediakan alur kerja yang sistematis dan bertahap, mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian sistem. Model ini sangat cocok untuk proyek yang memiliki cakupan dan kebutuhan sistem yang jelas dan telah ditentukan sejak awal. Terdapat lima fase dalam metode waterfall yang dilalui, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



GAMBAR 1

(TAHAPAN PENGEMBANGAN DENGAN METODE WATERFALL)

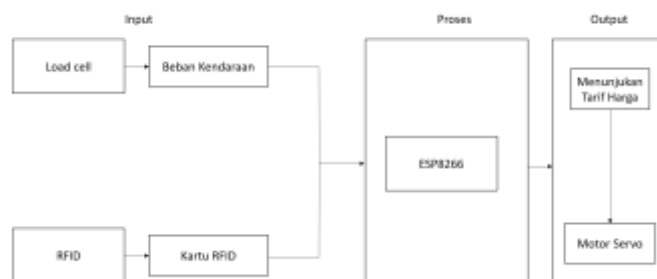
Tahap pertama dimulai dengan analisis kebutuhan, yaitu mengidentifikasi permasalahan pada sistem parkir konvensional di area pelabuhan dan kebutuhan akan sistem otomatis berbasis IoT. Selanjutnya, dilakukan tahap perancangan sistem yang meliputi perancangan perangkat keras seperti Load Cell, RFID, dan ESP8266, serta perancangan alur kerja sistem parkir mulai dari registrasi kendaraan hingga perhitungan tarif.

Setelah perancangan sistem selesai, tahap selanjutnya adalah implementasi, di mana seluruh komponen yang telah dirancang dirakit dan dikonfigurasi, termasuk integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan sistem web. Sistem diuji melalui simulasi menggunakan miniatur kendaraan untuk memastikan fungsionalitas seperti pembacaan RFID, penimbangan kendaraan, klasifikasi kelas, dan penentuan tarif dapat berjalan sebagaimana mestinya. Tahap terakhir adalah pengujian dan evaluasi sistem, untuk melihat apakah keluaran yang dihasilkan sesuai dengan tujuan awal. Pada tahap ini, peneliti menganalisis data eksperimen untuk mengukur efisiensi sistem, deviasi pembacaan sensor, dan akurasi penentuan tarif. Dengan pendekatan Waterfall, setiap tahap dilakukan secara berurutan dan tidak dilanjutkan ke tahap berikutnya sebelum tahap sebelumnya selesai sepenuhnya. Pendekatan ini membantu menjaga struktur pengembangan tetap terkendali dan meminimalkan risiko kesalahan integrasi sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Sistem

Perancangan sistem yang dapat dilihat pada Gambar 2 merupakan tahap pengembangan sistem yang dilakukan untuk menjelaskan dan mengeksplorasi hubungan antara kebutuhan dan persiapan untuk melakukan penelitian. Selanjutnya, perancangan ini digunakan dan diimplementasikan. Pada tahap ini, sistem dirancang dan dibuat untuk mendapatkan sistem yang dapat berjalan dengan baik.



GAMBAR 2
(RANCANGAN SISTEM)

Berikut penjelasan Rancangan sistem berupa alur sistem dari input hingga output:

1. Kendaraan harus registrasi terlebih dahulu dengan scan RFID di area registrasi dan ditimbang beban kendaraan awalnya tanpa membawa beban apapun.
2. Kendaraan yang membawa muatan akan memasuki lahan parkir dan juga meng-scan kartu RFID
3. Load cell mendeteksi berat muatan pada kendaraan dan Kendaraan harus tapping Kartu RFID nya supaya data yang sudah tersimpan di dalam Lokal Database bisa diketahui Operator.
4. Data - data yang diterima dari Load cell dan RFID diterima oleh mikrokontroler yang berupa ESP8266 dan dikirim ke bagian Output.
5. Data yang sudah diolah oleh mikrokontroler ditampilkan data pada website dan menyimpan data yang diolah dari ESP8266 kedalam database. Database kendaraan terdaftar dapat diperluas untuk menyimpan histori kunjungan dan frekuensi parkir. Data ini dapat menjadi dasar dalam penentuan pemberian insentif atau diskon bagi pelanggan reguler
6. Setelah itu berdasarkan beratnya, bisa ditentukan tarif kendaraan berdasarkan golongan kendaraan yang sudah ada.

B. Implementasi Hardware dan Software

a. Area Registrasi Kendaraan

Area pendaftaran kendaraan yang bisa dilihat pada Gambar 3 dirancang sebagai tempat awal proses identifikasi kendaraan sebelum kendaraan memasuki lahan parkir. Fungsi utama dari area ini adalah untuk mencatat identitas awal kendaraan, melakukan pengukuran berat kendaraan tanpa muatan penuh, serta menyimpan data tersebut ke dalam sistem database yang terhubung melalui jaringan Wi-Fi menggunakan modul ESP8266. Proses ini dirancang agar sistem parkir dapat mengenali kendaraan tidak hanya dari kode RFID-nya, tetapi juga dari data karakteristik fisik seperti berat kosong, jenis, dan plat nomor. Komponen utama yang digunakan dalam area pendaftaran ini meliputi:

1. **Sensor Load Cell + Modul HX711:** digunakan untuk mengukur berat kendaraan saat pendaftaran pertama kali dilakukan. Data berat ini kemudian disimpan sebagai acuan dasar sistem untuk

- mendeteksi apakah kendaraan membawa muatan berlebih saat hendak memasuki area parkir nantinya.
2. **Sensor RFID:** berfungsi untuk membaca ID dari kartu RFID. Setiap kartu RFID berfungsi sebagai identitas unik bagi kendaraan dan dipasangkan permanen dengan data kendaraan yang didaftarkan.
 3. **Modul ESP8266:** berperan sebagai penghubung antara sistem perangkat keras dan server lokal (database di laptop). ESP8266 mengirimkan data hasil pemindaian RFID dan hasil pengukuran dari load cell ke server melalui jaringan Wi-Fi.

Secara fisik, platform pendaftaran dirancang dengan bahan dasar akrilik yang cukup kuat untuk menopang kendaraan miniatur yang digunakan dalam simulasi. Permukaan atas dilengkapi dengan sensor Load Cell yang terpasang secara tersembunyi di bawah landasan datar, sehingga kendaraan bisa diletakkan langsung di atasnya untuk dilakukan penimbangan. Di bagian depan platform, dipasang RFID reader yang memudahkan pengguna untuk melakukan scanning kartu RFID saat kendaraan berada dalam posisi penimbangan. Area ini juga dirancang agar alur kendaraan tetap efisien. Setelah kendaraan selesai didaftarkan, data disimpan secara otomatis dan kendaraan dapat langsung diarahkan menuju jalur masuk lahan parkir.



GAMBAR 3
(MINIATUR SISTEM PENELITIAN AREA PENDAFTARAN)

b. Area Lahan Parkir

Perancangan perangkat keras pada area lahan parkir dilakukan dengan tujuan untuk membuat sistem parkir otomatis yang mampu mendeteksi identitas kendaraan serta berat muatannya secara bersamaan sebelum kendaraan diperbolehkan masuk ke area parkir. Dalam penelitian ini, area parkir yang dirancang merupakan bentuk miniatur yang menggambarkan kondisi di lapangan, namun disesuaikan dengan skala kecil agar mudah dalam proses pengujian dan simulasi



GAMBAR 4
(MINIATUR SISTEM PENELITIAN AREA LAHAN PARKIR)

Lahan parkir yang terlihat pada Gambar 4 dibagi menjadi dua bagian utama: area akses masuk dan slot parkir kendaraan. Di titik akses masuk, dipasang satu set RFID reader, Load Cell, dan motor servo yang berfungsi sebagai sistem gerbang otomatis. Komponen-komponen ini dirancang berada dalam satu posisi sejajar, sehingga saat kendaraan hendak masuk, RFID discan terlebih dahulu, lalu kendaraan langsung ditimbang menggunakan Load Cell. Informasi berat dan ID kendaraan dikirim ke sistem untuk dianalisis. Jika data sesuai, maka palang otomatis terbuka dan kendaraan diizinkan masuk ke dalam lahan parkir.

Seluruh rangka dibuat menggunakan bahan akrilik karena material ini ringan, mudah dibentuk, dan cukup kokoh untuk menahan beban kendaraan miniatur. Jalur kendaraan dari titik masuk ke area parkir juga diberi panduan berupa jalur atau garis penanda agar saat simulasi dijalankan, kendaraan bisa diarahkan sesuai alur sebenarnya.

c. Klasifikasi Kendaraan

Dalam studi ini, kendaraan yang diparkir diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan berat kendaraan. Kategori-kategori ini mengacu pada standar klasifikasi kendaraan yang digunakan dalam sistem parkir. Selain itu, kendaraan-kendaraan berikut juga diikutsertakan dalam studi ini.

TABEL 1
(DATA GOLONGAN KENDARAAN)

Golongan	Jenis Kendaraan	Berat Kendaraan (Gram)
Golongan I	Mobil Pribadi	0 - 20
Golongan II	Van Besar	21 - 50
Golongan III	Truk Pickup	51 - 60
Golongan IV	Truk Besar	61 - 85
Golongan V	OverWeight	> Beban yang sudah ditentukan

Pada Tabel 1, sistem akan mengidentifikasi kendaraan berdasarkan RFID dan Load Cell akan membantu validasi berat kendaraan, dan jika kendaraan membawa beban yang melampaui berat yang sudah ditentukan sistem, maka dapat mendapatkan golongan yang lebih tinggi dan tarif akan semakin tinggi juga.

d. Hasil Data Area Pendaftaran

Proses pendaftaran kendaraan adalah langkah awal yang sangat krusial dalam sistem parkir yang berbasis Internet of Things. Di lokasi ini, setiap kendaraan yang ingin memasuki area parkir harus menjalani pendaftaran untuk mengumpulkan informasi dasar yang berkaitan dengan identitas dan karakteristik kendaraan tersebut.



GAMBAR 5
(TAMPILAN DATA RFID DAN LOAD CELL SAAT KENDARAAN MEMASUKI AREA PENDAFTARAN KEMUDIAN TEREKAM DI SERVER LOKAL)



GAMBAR 6
(TAMPILAN WEB SAAT KENDARAAN REGISTRASI)



GAMBAR 7
(DAFTAR KENDARAAN YANG SUDAH TERDAFTAR SAAT DI AREA REGISTRASI)

Pada Gambar 5, kendaraan miniatur diletakkan di atas sensor Load Cell untuk mengukur berat awal (berat kendaraan tanpa muatan). Informasi berat ini kemudian digunakan oleh sistem untuk menilai apakah kendaraan tersebut dalam keadaan kelebihan muatan saat memasuki area parkir. Selain itu, kendaraan juga menjalani tahap pemindaian kartu RFID yang telah diprogram secara unik untuk setiap kendaraan. Setiap kali pemindaian dilakukan, dihasilkan ID RFID yang kemudian dihubungkan dengan informasi kendaraan seperti tipe kendaraan (mobil pribadi, truk pickup, van besar, atau truk besar), warna, dan nomor plat (simulatif). Semua informasi ini dikirim dari mikrokontroler ESP8266 ke server lokal yang menggunakan PHP dan MySQL untuk disimpan dalam database seperti Gambar 6. Untuk formulir registrasi ini dibuat sangat sederhana menjadi 2 poin untuk memasukkan data secara manual yaitu Nomor Plat dan Warna Kendaraan. RFID dan Load Cell sudah dilengkapi secara otomatis tanpa ada campur tangan dari operator. Ini dilakukan jika adanya malfungsi dari alat RFID atau Load Cell. Operator bisa dengan mudah

melihat ke Database untuk memverifikasi kendaraan tersebut dan melihat jika kendaraan itu masuk ke golongan OverWeight atau tetap di golongannya sendiri.

Pada Gambar 7 menunjukkan Daftar Kendaraan yang sudah mendaftar pada area registrasi sebelumnya. Terdapat berat kendaraan awal, Nomor Plat, Golongan Kendaraan berdasarkan berat yang sudah ditentukan, dan ID RFID.

TABEL 2
(HASIL REGISTRASI KENDARAAN)

Jenis Kendaraan	Golongan	Warna Kendaraan	Plat Nomor	Berat Kendaraan (Gram)	RFID ID
Mobil Pribadi	I	Oranye	L 537 PAI	17.75	F3E0E2E1
Van Besar	II	Putih Coklat	AG 454 CJ	49.08	7313E3E1
Truk Pickup	III	Putih Biru	AG 353 LOK	58.78	7395E4E1
Truk Besar	IV	Hijau	N 080 BOI	83.59	0481B302

Melalui proses pendaftaran ini, peneliti mengumpulkan data awal dari empat jenis kendaraan miniatur, dengan berat yang tercatat melalui Load Cell masing-masing, yaitu: mobil pribadi dengan berat 17.75 Gram, Truk Pickup 58.78, van besar 49.08, dan truk besar 83.59. Data ini kemudian dimasukkan secara manual ke dalam database seperti Tabel 2 melalui antarmuka web yang terhubung ke sistem.

Setiap kendaraan hanya boleh didaftarkan satu kali dan dikenali secara otomatis ketika melakukan pemindaian ulang di gerbang masuk area parkir. Dengan hasil pendaftaran ini, sistem mendapatkan data kendaraan yang bersifat pribadi dan permanen, sehingga memudahkan proses validasi dan perhitungan tarif parkir pada tahap berikutnya. Tahap ini juga menjadi kontrol awal untuk menentukan apakah kendaraan tersebut membawa muatan tambahan yang bisa berpengaruh pada tarif parkir yang dikenakan. Dengan demikian, area pendaftaran berfungsi sebagai dasar data untuk keseluruhan sistem parkir yang dikembangkan dalam penelitian ini.

e. Hasil Data Saat Kendaraan Memasuki Area Parkir

Setelah kendaraan melewati tingkat pendaftaran area yang disediakan, sistem menyimpan semua data kendaraan yang dimulai dengan plat nomor, jenis kendaraan, Nama pemilik, jenis kendaraan dan nomor VIN, ID RFID, hingga hasil berat kendaraan di area pendaftaran. Proses penyimpanan ini secara otomatis terhubung ke sistem basis data lokal melalui modul ESP8266 yang dikonfigurasi dengan jaringan Wi-Fi lokal. Hal ini dimaksudkan untuk segera mengenali data kendaraan yang dimasukkan setelah kendaraan memasuki tempat parkir.



GAMBAR 8
(KENDARAAN MEMASUKI AREA PARKIR DAN MENIMBANG KEMBALI BERAT KENDARAANYA DAN MELAKUKAN PEMINDAAN RFID)

Pada Gambar 8, saat kendaraan bergerak menuju tempat parkir, kendaraan bertahan sebentar di daerah pemindaian di pintu masuk. Pada titik ini, setiap RFID yang dikenakan oleh pengemudi dipindai oleh pembaca RFID. Pemindaian ini membantu memeriksa apakah kendaraan sudah terdaftar dan mengurangi data awal dari database. Scan ini berfungsi untuk memverifikasi apakah kendaraan tersebut sudah terdaftar sebelumnya dan juga untuk menarik data awal dari database, seperti jenis kendaraan dan bobot awal saat registrasi. Pemindaian RFID dilakukan bersamaan dengan proses penimbangan ulang kendaraan menggunakan sensor Load Cell yang tertanam di lantai jalur masuk. Kedua proses ini berjalan secara simultan agar pengambilan data bisa lebih efisien dan tanpa keterlambatan.

Sensor Load Cell kemudian mengirimkan data bobot kendaraan yang sebenarnya ke sistem, yang dibandingkan dengan melihat data bobot kendaraan selama pendaftaran. Jika ada perbedaan yang signifikan, sistem mengenali beban atau kapasitas yang berlebihan. Selain itu, sistem menghitung biaya tambahan (kelebihan muatan) ini dikenakan ke kendaraan berdasarkan perbedaan berat di luar batas toleransi. Informasi yang ditampilkan adalah sebagai berikut:

1. ID RFID

ID RFID merupakan identitas unik yang dimiliki oleh setiap kendaraan. Saat kendaraan pertama kali didaftarkan, kartu RFID dikaitkan langsung dengan data kendaraan yang bersangkutan. Setiap kali RFID tersebut di scan, baik saat masuk maupun keluar dari area parkir, sistem secara otomatis mengenali kendaraan tersebut melalui ID-nya. Ini memastikan bahwa proses verifikasi berlangsung cepat dan akurat tanpa memerlukan pengecekan manual satu per satu.

2. Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan merupakan salah satu parameter penting yang menentukan golongan tarif parkir. Informasi ini diperoleh saat proses pendaftaran awal kendaraan, di mana operator mencatat apakah kendaraan tersebut merupakan mobil pribadi, van besar, truk pickup, atau truk besar. Data jenis kendaraan ini juga digunakan sebagai acuan untuk membandingkan hasil penimbangan dan memastikan tidak ada kendaraan yang menyalahgunakan golongan tarifnya.

3. Berat Kendaraan saat Memasuki Area Parkir

Setelah RFID di-scan di gerbang masuk area parkir, kendaraan langsung ditimbang menggunakan sensor Load Cell. Berat ini kemudian dicatat sebagai “berat saat masuk” dan dibandingkan dengan berat saat registrasi. Jika terdapat selisih berat yang melebihi toleransi, sistem mendeteksi adanya kelebihan muatan. Berat kendaraan ini menjadi salah satu dasar perhitungan tarif akhir apabila dikenakan *overcharge*.

4. Waktu Masuk

Waktu masuk kendaraan ke lahan parkir dicatat secara otomatis oleh sistem segera setelah proses pemindaian RFID dan penimbangan selesai.

5. Waktu Keluar

Sama halnya dengan waktu masuk, waktu keluar kendaraan juga dicatat saat kendaraan melakukan pemindaian RFID di gerbang keluar. Dengan adanya catatan waktu masuk dan keluar, sistem dapat menghitung lama waktu kendaraan berada di dalam area parkir dengan akurat.

6. Tarif Harga

Setelah semua parameter dikumpulkan termasuk jenis kendaraan, berat kendaraan saat masuk, sistem secara otomatis menghitung tarif parkir akhir. Tarif ini didasarkan pada golongan kendaraan, dan apabila terdapat kelebihan berat dibandingkan data saat registrasi, sistem menambahkan biaya tambahan (*overcharge*) sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan. Tarif akhir ini diberitahukan kepada pengemudi sebagai jumlah yang harus dibayar sebelum palang pintu dibuka oleh motor servo untuk keluar dari lahan parkir.



GAMBAR 9

(KENDARAAN MELAKUKAN PEMINDAIAN RFID SEBELUM KELUAR DARI AREA PARKIR)

Pada Gambar 9, setelah memindai RFID dan menimbang ulang beban kendaraan menggunakan Load Cell di area masuk lahan parkir dan kendaraan hendak meninggalkan area parkir, kendaraan harus memindai RFID kembali seperti di awal area masuk untuk mengetahui data masuk, jenis kendaraan, berat kendaraan saat memasuki area parkir, dan hasil verifikasi muatan yang dibawa masuk ke area parkir. Sistem kemudian menghitung total tarif yang dikenakan berdasarkan Golongan Kendaraan serta kondisi muatan saat masuk, apakah normal atau *overcapacity*. Jika kendaraan diketahui memasuki Golongan *Overcapacity*, maka sistem menambahkan biaya tambahan sesuai tarif yang sudah dirancang. Seluruh informasi ini ditampilkan kepada operator dan diberitahukan kepada pengemudi untuk memastikan jumlah tarif yang harus dibayarkan sesuai. Setelah proses verifikasi selesai dan tarif diberitahukan kepada pengemudi, motor servo akan membuka palang pintu sebagai tanda bahwa kendaraan sudah boleh keluar dari area parkir.

ID	Model/Year	Weight	Entry Time	Exit Time	Fee
123456	Toyota	1500	2023-10-27 10:00:00	2023-10-27 11:00:00	1000
789012	Ford	2000	2023-10-27 09:30:00	2023-10-27 10:30:00	1500
345678	Mercedes	1800	2023-10-27 10:15:00	2023-10-27 11:15:00	1200
901234	Honda	1200	2023-10-27 10:05:00	2023-10-27 11:05:00	800

GAMBAR 10

(TAMPILAN WEB SAAT KENDARAAN MEMASUKI DAN KELUAR DARI AREA PARKIR)

Seperti pada Gambar 10, proses ini tidak hanya memungkinkan sistem untuk mengelola parkir lebih efisien, tetapi juga memungkinkan untuk mengendalikan kendaraan yang mengenakan kargo berlebihan. Selama fase verifikasi dan penimbangan ulang ini, sistem diharapkan lebih

transparan ketika memutuskan biaya parkir dan menjaga pesanan kendaraan di area pelabuhan sehingga ruang parkir bisa lebih terorganisir dan efisien.

f. Data Hasil Uji Sel Beban

Penelitian ini menggunakan Load Cell untuk mengukur berat kendaraan dan mengamati apakah kendaraan tersebut kelebihan berat atau tidak. Berikut adalah hasil pengujian Load Cell dalam penelitian ini.

TABEL 3
(HASIL PENGUJIAN LOAD CELL)

Kendaraan	Berat Aktual (Gram)	Hasil Load Cell	Deviasi (%)	Golongan Awal	Golongan setelah Ditimbang
Mobil Pribadi	17.75	14.91	15.99	1	1
Van Besar	49.08	37.16	24.28	2	2
Truk Pickup	58.78	70.58	20.07	3	5
Truk Besar	83.59	132.79	58.89	4	5

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa Load Cell memiliki akurasi dalam mengukur berat kendaraan dengan tepat. Pengujian menunjukkan bahwa Load Cell memiliki tingkat akurasi sebanyak 70.19% dalam klasifikasi kendaraan berdasarkan berat.

g. Data Hasil Pengujian RFID

RFID digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi kendaraan yang hendak masuk maupun keluar berdasarkan ID yang sudah terdaftar dalam sistem. Berikut adalah hasil pengujiannya.

TABEL 4
(HASIL PENGUJIAN RFID)

Kendaraan	ID RFID	Golongan Terdeteksi	Waktu Pemrosesan (s)
Mobil Pribadi	F3E0E2E1	Golongan I	2
Van Besar	7313E3E1	Golongan II	2
Truk Pickup	7395E4E1	Golongan III	2
Truk Besar	0481B302	Golongan IV	2

RFID berhasil mengidentifikasi kendaraan dalam waktu 2s, yang bisa dilihat jauh lebih cepat pemrosesannya daripada pemrosesan manual.

C. Pengujian dan Evaluasi

a. Integrasi Load Cell dan RFID

Setelah Load Cell dan RFID menghasilkan data – data mentah, kedua data diatas digabungkan untuk memvalidasi golongan kendaraan tersebut secara akurat.

TABEL 5
(DATA PROCESSING OF LOAD CELL AND RFID)

ID RFID	Jenis Kendaraan	Berat Kendaraan (Gram)	Golongan Awal (RFID)	Berat Kendaraan di Area Masuk Lahan Parkir (Load Cell)	Golongan setelah Ditimbang di Lahan Parkir	Status
F3E0E2E1	Mobil Pribadi	17.75	Golongan I	14.91	Golongan I	Tidak Berubah
7313E3E1	Van Besar	49.08	Golongan II	37.16	Golongan II	Tidak Berubah

7395E4E1	Truk Pickup	58.78	Golongan III	70.58	Golongan V	Berubah
0481B302	Truk Besar	83.59	Golongan IV	132.79	Golongan V	Berubah

Di Tabel 5 bisa dilihat bahwa sistem mendeteksi Truk Pickup dan Truk Besar mengalami kelebihan muatan, sehingga golongan yang berawal dari Golongan III dan Golongan IV berubah menjadi Golongan V. Dengan pengolahan data diatas, sistem secara otomatis dapat menentukan tarif parkir berdasarkan golongan kendaraan yang sudah ditimbang menggunakan Load Cell dan diidentifikasi menggunakan RFID. Pengolahan data tersebut kemudian di analisis untuk hasil yang akurat. Evaluasi Akurasi Sel Beban dalam Klasifikasi Kendaraan

b. Evaluasi Akurasi RFID dalam Identifikasi Kendaraan

Pengujian RFID dilakukan untuk mengetahui hasil identifikasi kendaraan saat melewati area parkir. Berikut ini adalah evaluasi pengujian RFID. Dapat dilihat bahwa waktu pemrosesan menggunakan RFID 80% lebih cepat daripada menggunakan sistem manual manusia seperti pada tabel di bawah ini.

TABEL 6
(PERBANDINGAN KECEPATAN IDENTIFIKASI)

Metode Identifikasi	Rata – Rata Waktu Pemrosesan (Detik)
Sistem Manual	15
Sistem Otomatis (RFID & Load Cell)	2

Tabel 6 menunjukkan perbandingan antara penggunaan Sistem Manual (Manusia) dan Sistem Otomatis (RFID & Load Cell), dan dari kedua sistem tersebut terlihat jelas bahwa Sistem Otomatis 7 kali lebih cepat dalam Waktu Pemrosesan dibandingkan Sistem Manual yang dilakukan oleh Manusia. Namun perlu diperhatikan bahwa perbandingan kecepatan identifikasi di sini mengacu pada kecepatan saat kendaraan memasuki area parkir, bukan saat kendaraan berada di area registrasi. Sebab waktu yang lama umumnya terjadi pada proses registrasi awal, di mana sistem semi-otomatis mengandalkan tenaga manusia untuk memasukkan sebagian data yang dibutuhkan saat registrasi kendaraan. Namun sebagai solusi dari permasalahan ini, Anda dapat memanfaatkan registrasi online sebelum kendaraan tiba di area pelabuhan. Jadi saat tiba di area pelabuhan, kendaraan hanya perlu melakukan verifikasi dan menimbang kendaraan secara akurat.

Penggunaan kartu parkir tradisional, yang umum di banyak tempat parkir, sangat bergantung pada proses manual untuk mencatat kendaraan yang masuk dan keluar. Metode ini, meskipun sudah mapan, membutuhkan banyak tenaga kerja dan memerlukan perhatian dari petugas parkir [13]. Hal ini dapat terjadi karena keterbatasan atau kemampuan untuk memberikan layanan yang efektif. Kondisi ini berbeda ketika menerapkan sistem data antrian parkir menggunakan RFID yang hanya membutuhkan waktu 2 sampai 3 detik [14].

c. Evaluasi Akurasi Load Cell dalam Klasifikasi Kendaraan

Pengujian Load Cell dilakukan dengan membandingkan hasil penimbangan sistem dengan standar, dan menunjukkan bahwa sensor Load Cell memiliki deviasi rata-rata sebesar 29,81% sehingga cukup akurat untuk mengukur berat kendaraan menggunakan sistem ini. Evaluasi ini menunjukkan bahwa Load Cell dapat mendeteksi kelebihan

muatan pada kendaraan yang kemudian mengubah kelasnya sesuai dengan kelas aslinya. Hal ini sudah tergolong tinggi jika mengacu pada sistem penimbangan aktual Real Time. Namun, karena tujuan penelitian ini didasarkan pada kelas kendaraan, hal ini masih dapat diterima selama klasifikasi kendaraan tetap berjalan sesuai tujuan yang diharapkan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menciptakan sistem parkir berbasis IoT yang mampu mengenali kendaraan dan menetapkan tarif parkir sesuai dengan kategori kendaraan tersebut. Sistem ini menggunakan RFID untuk merekam identitas kendaraan serta Load Cell untuk menilai berat kendaraan saat memasuki area parkir. Berdasarkan data tersebut, sistem secara otomatis mengidentifikasi jenis kendaraan dan tarif yang perlu dibayar. Salah satu aspek menarik dari sistem ini adalah kemampuannya untuk mengenali kendaraan yang melampaui batas beratnya. Dalam uji coba, sebuah kendaraan dibuat kelebihan beban, dan sistem dapat mendeteksi kelebihan berat itu, kemudian secara otomatis mengubah golongannya menjadi lebih tinggi. Ini menandakan bahwa sistem tidak hanya mengandalkan data pendaftaran, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual kendaraan. Dengan sistem ini, proses parkir di pelabuhan dapat menjadi lebih teratur dan efisien. Kendaraan tidak perlu lagi memakai karcis manual, dan seluruh data dapat tercatat secara otomatis. Area parkir terbuka hanya diizinkan jika kendaraan telah tervalidasi, sehingga aspek keamanan pun lebih terjamin.

REFERENSI

- [1] A. Irfan, "Sistem Antrian Kendaraan Pada Pelabuhan Penyeberangan Pamatata Dengan Metode RFID," *Univ. Alauddin Makassar*, p. 66, 2018, [Online]. Available: <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/13236>.
- [2] F. B. A. Putra and L. Hayat, "Rancang Bangun Miniatur Sistem Parkir Cerdas Bertingkat Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, 2021, doi: 10.30595/jrre.v3i1.9643.
- [3] A. R. Sugara, A. Taqwa, and A. Rakhman, "Implementasi Internet of Things Pada Alat Penimbangan Muatan Truk Berbasis RFID," *Jurasik (Jurnal Ris. Sist. Inf. dan Tek. Inform.)*, vol. 4, no. 1, p. 142, 2019, doi: 10.30645/jurasik.v4i1.127.
- [4] Ondra Eka Putra, Nanda Tommy Wirawan, and Lutfi Riady Putra, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU UNTUK MENGATASI KELEBIHAN BERAT TRUK YANG MASUK KAPAL DENGAN MENGUKUR BERAT MUATAN DAN MENGETAHUI IDENTITAS MOBIL MENGGUNAKAN RFID PADA DELPHI 7," *J. Ilm. Sist. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 62–73, Jul. 2022, doi: 10.55606/juisik.v2i2.225.
- [5] R. F. Pratama, R. S. R. Wicaksono, and A. N. Pramudhita, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PROTOKOL MQTT PADA SISTEM PARKIR CERDAS BERBASIS IOT," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3191.
- [6] S. Efan, "Sistem Monitoring Penempatan Lokasi Parkir Kendaraan Berbasis IoT," *J. Syntax Admiration*, vol. 2, no. 5, 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i5.238.
- [7] Y. Maskurdianto, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROLING PARKIR BERTINGKAT OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DENGAN IMPLEMENTASI INTERNET OF THINK(IoT)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 3, no. 2, pp. 113–119, 2019, doi: 10.36040/jati.v3i2.878.
- [8] Rosmiati, H. Pratama, and N. Arif, "Perancangan Prototype Sistem Keamanan Parkir Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification (RFID)," *Inf. (Jurnal Inform. dan Sist. Informasi)*, 2021, doi: 10.37424/informasi.v13i2.126.
- [9] R. Athallah Aditya and A. Setia Budi, "Prototipe Sistem Keamanan Parkir berbasis RFID dengan Protokol MQTT," vol. 7, no. 7, pp. 3287–3295, 2023, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [10] S. Effendi, H. Heriansyah, H. Haryansyah, and M. S. Pamungkas, "Rekayasa Sistem Parkir Berlangganan Berbasis RFID (Radio Frequency Identification)," *J. Appl. Microcontroller Auton. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–37, 2017, [Online]. Available: <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1656242&val=18097&title=REKAYASA SISTEM PARKIR BERLANGGANAN BERBASIS RFID RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION>.
- [11] B. Y. Geni and O. Kurnia, "Sistem Parkir Berbasis Web + Iot Project Kit Seri Rfid Di Hasim Teknik Karawang," *Saintekbu*, vol. 13, no. 01, pp. 48–55, 2021, doi: 10.32764/saintekbu.v13i01.2514.
- [12] S. Sibuea and B. Saftaji, "Perancangan Sistem Monitoring Beban Kendaraan Menggunakan Teknologi Sensor Load Cell," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 144–156, 2020, doi: 10.37012/jtik.v6i2.309.
- [13] M. Z. Fathan Abdullah, "Penggunaan RFID Sistem Informasi Parkir Berbasis Web," *NUANSA Inform.*, vol. 18, no. 1, 2024, doi: 10.25134/ilkom.v18i1.86.
- [14] B. Santoso and R. B. Date Bay, "Penerapan Teknologi RFID pada Sistem Monitoring Antrean Parkir di Universitas Amikom Yogyakarta," *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 4, p. 395, Dec. 2022, doi: 10.26418/justin.v10i4.46716.