



PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM REKOMENDASI TEMPAT PARKIR BERBASIS IOT DAN AI (STUDI KASUS: MALL PANAKKUKANG)

Muh. Agus¹, Mardhyah Rafrin², Sitti Rahma Yunus³, Nirmalasari Rudito Sulnas⁴, Nurul Aulia⁵

¹²³⁴⁵Program Studi Ilmu Komputer, Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie.

¹muhagus@ith.ac.id, ²rafrinmardhiyyah@ith.ac.id, ³sittirahmayunus03@gmail.com,

⁴nirmalamala1311@gmail.com, ⁵nrulauliaaaa@gmail.com.

ABSTRAK

Mall Panakkukang di Makassar menghadapi tantangan manajemen parkir akibat tingginya jumlah pengunjung. Penelitian ini bertujuan merancang sistem rekomendasi tempat parkir berbasis kecerdasan buatan (AI) yang terintegrasi dengan teknologi IoT untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengunjung. Sistem menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketersediaan parkir dan Firebase sebagai basis data *real-time* yang terhubung ke aplikasi seluler. AI diterapkan untuk menganalisis pola lalu lintas parkir serta memprediksi ketersediaan tempat parkir berdasarkan data historis. Hasil pengujian menunjukkan akurasi deteksi sensor sebesar 98,06% dengan rata-rata waktu respons 1,5 detik. Implementasi sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pencarian parkir, mengurangi waktu tunggu, serta memberikan pengalaman parkir yang lebih nyaman bagi pengunjung. Pengembangan lebih lanjut disarankan untuk meningkatkan stabilitas jaringan, menambahkan fitur pembayaran digital, serta menguji sistem di lokasi lain untuk validasi lebih lanjut.

Kata kunci: Sistem parkir cerdas, kecerdasan buatan, IoT, Mall Panakkukang, real-time, prototipe.

1. PENDAHULUAN

Di era revolusi industri saat ini, di mana teknologi informasi telah mencapai tingkat 5.0, kebutuhan untuk beradaptasi dengan teknologi dalam kehidupan sehari-hari semakin tinggi, terutama bagi masyarakat di perkotaan [1]. Hal ini juga mencakup manajemen transportasi dan parkir di pusat perbelanjaan. Konsep kota cerdas (*smart city*) semakin berkembang di banyak kota besar di Indonesia, termasuk Makassar. Kota ini menghadapi tantangan manajemen lalu lintas dan ketersediaan parkir akibat meningkatnya populasi dan aktivitas pengunjung. Waktu rata-rata yang dihabiskan untuk mencari tempat parkir di pusat perbelanjaan selama jam sibuk dapat bervariasi.

Menurut laporan dari Uber, pemilik mobil di Asia Pasifik memerlukan rata-rata 26 menit untuk menemukan lahan parkir. Sementara di Jakarta, waktu yang dibutuhkan berkisar antara 21 hingga 30 menit [2]. Meskipun data spesifik untuk Mall Panakkukang di Makassar belum ditemukan, temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa pengunjung pusat perbelanjaan di kota-kota besar di Indonesia sering menghadapi tantangan signifikan dalam mencari tempat parkir selama jam sibuk. Menurut laporan dari Fajar.co.id pada Mei 2021, Mall Panakkukang menerima sekitar 16.000 pengunjung per hari [3]. Sementara itu, artikel dari MakassarMetro.com pada Oktober 2019 menyebutkan bahwa jumlah pengunjung harian mencapai 50.000 orang [4]. Namun, keterbatasan fasilitas parkir menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengunjung.

Perkembangan dan kemajuan teknologi informasi saat ini telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai sistem dalam kehidupan masyarakat. Inovasi teknologi terus berkembang sejalan dengan kemajuan ilmu pengetahuan [5]. Salah satu bentuk teknologi yang paling umum digunakan saat ini adalah teknologi mobile. Penggunaan teknologi mobile kini menjadi hal yang tak terhindarkan, seolah telah menjadi tren dalam kehidupan sehari-hari masyarakat [6].





Penelitian terkait menunjukkan berbagai pendekatan inovatif dalam pengelolaan parkir. Agus dkk. telah mengembangkan sistem pemantauan yang berbasis Internet of Things (IoT), yang relevan untuk pengumpulan data secara real-time [7]. Selain itu, sistem cerdas lainnya yang menggunakan mikrokontroler IoT, seperti NodeMCU, menunjukkan kemampuan kecerdasan buatan (AI) dalam mengotomatisasi proses yang berkaitan dengan pengelolaan parkir secara efisien [8].

Penelitian lain oleh Neupane dkk. mengembangkan sistem parkir yang memanfaatkan pembelajaran mendalam untuk mendeteksi dan memverifikasi akses parkir secara otomatis [9]. Tukadi dkk. menerapkan IoT untuk meningkatkan sistem reservasi parkir, menekankan pentingnya teknologi ini dalam mempermudah pengelolaan parkir [10]. Selain itu, Jusuf dan Agus juga menyoroti penggunaan teknologi GPS dalam sistem pelacakan yang relevan untuk optimasi parkir berdasarkan lokasi [11].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem rekomendasi parkir cerdas berbasis AI yang menganalisis data lalu lintas dan ketersediaan parkir secara *real-time*. Sistem ini diharapkan meningkatkan kenyamanan pengguna dan efisiensi pengelolaan parkir di Mall Panakkukang. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi AI yang memberikan rekomendasi dinamis berdasarkan pola lalu lintas parkir dan prediksi ketersediaan parkir dengan memanfaatkan teknologi sensor dan mikrokontroler berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan firebase sebagai *database* serta menampilkan data ke aplikasi mobile.

Perbedaan utama penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya terletak pada penerapan AI dalam memberikan rekomendasi dinamis berdasarkan data lalu lintas yang diperoleh secara real-time. Selain itu, sistem ini menggunakan model prediksi berbasis pola penggunaan parkir untuk meningkatkan akurasi rekomendasi. Keunggulan lainnya adalah integrasi dengan aplikasi seluler yang memberikan notifikasi langsung kepada pengguna terkait tempat parkir yang tersedia, sehingga dapat mengurangi waktu pencarian parkir secara signifikan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode survei untuk memahami kebutuhan pengunjung dan pengelola parkir di Mall Panakkukang. Populasi penelitian mencakup pengunjung yang sering menghadapi kesulitan parkir pada jam sibuk serta staf pengelola parkir. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling, dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Pengunjung yang mengalami kesulitan mencari parkir.
- b. Staf pengelola dengan pemahaman operasional area parkir.

Adapun Instrumen Pengumpulan Data yang digunakan dalam merancangan dan membuat prototipe ini adalah sebagai berikut:

- a. Kuesioner Terbuka: Digunakan untuk mengumpulkan data pengalaman pengunjung, seperti waktu pencarian parkir, tingkat kesulitan, dan preferensi sistem rekomendasi.
- b. Wawancara: Dilakukan dengan staf pengelola parkir untuk memahami tantangan operasional, seperti pengaturan arus kendaraan dan implementasi teknologi baru.
- c. Sistem Prototipe: Prototipe dirancang menggunakan perangkat keras seperti sensor ultrasonik, modul komunikasi, dan perangkat lunak berbasis Firebase untuk pengelolaan data *real-time*.
- d. Data hasil pengujian dilakukan analisa perhitungan nilai akurasi, hingga diketahui nilai akurasi dari Nilai Sensor dengan membandingkan Nilai Acuan (jarak benda/mobil yang diukur menggunakan meteran) dan Nilai Sensor (jarak benda/mobil yang diukur menggunakan menggunakan Sensor Ultrasonik).

Mizanul Asrori dkk menghitung nilai akurasi dengan menggunakan nilai penyimpangan atau nilai *error* dan ketidakpastian. Nilai penyimpangan atau nilai *error* dari suatu pengukuran dirumuskan sesuai persamaan 1. Ketidakpastian merupakan perbandingan dari nilai *error* terhadap nilai standar acuan dan ketidakpastian relatif dinyatakan dalam bentuk persentase. Ketidakpastian relatif dirumuskan sesuai persamaan 2 [12]. Adapun Nilai Akurasi didapatkan dari 100% - KR seperti dirumuskan sesuai persamaan 3.

$$e = |Y_n - X_n| \quad (1)$$

$$KR = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (2)$$

$$Akurasi = 100\% - KR \quad (3)$$

Keterangan:

e = *error* (selisih)



Y_n = nilai sebenarnya (nilai acuan)

X_n = nilai terukur (nilai sensor)

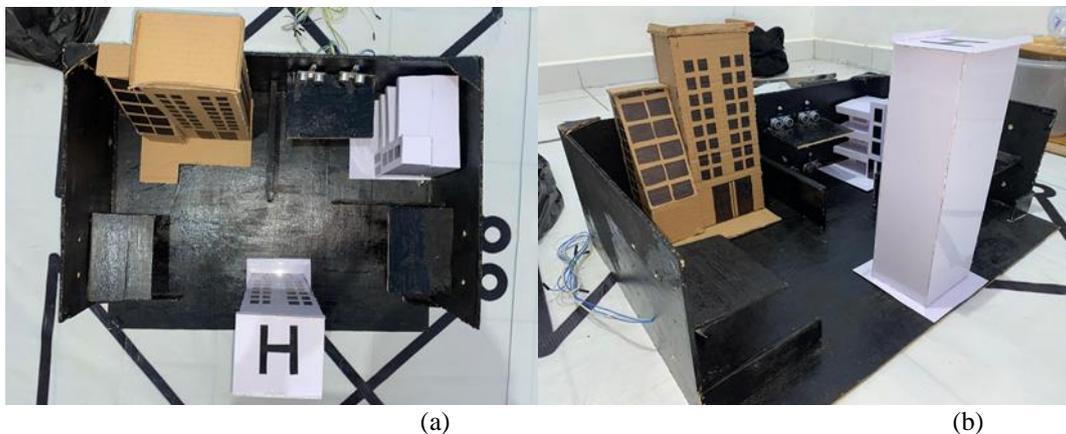
Pemanfaatan teknologi IoT melalui perangkat lunak Arduino (IDE) dan aplikasi mobile sebagai media pemrograman dapat digunakan oleh pemula untuk mengembangkan aplikasi sederhana berbasis Android [13]. Aplikasi ini dibuat menggunakan Android Studio dan terhubung dengan sistem sensor yang mengirimkan data terbaru ke database Firebase setiap kali mikrokontroler mendeteksi informasi baru [14].

Dari sisi perangkat lunak, digunakan Opensource IDE untuk mengembangkan aplikasi berbasis mikrokontroler yang mengikuti platform Arduino [15]. Bahasa pemrograman Arduino IDE merupakan versi sederhana dari bahasa C, sehingga memudahkan pengguna dalam mempelajari dan memahami mikrokontroler [16]. IDE adalah singkatan dari Integrated Development Environment, yang merupakan lingkungan terintegrasi untuk pengembangan perangkat lunak [17].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

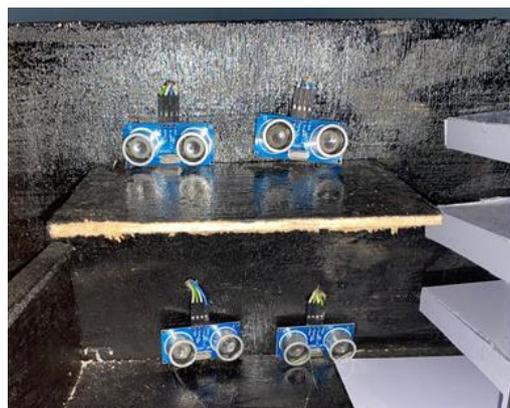
3.1 Hasil Prototype Alat

Sensor Ultrasonic HC-SR04 sebagai pendeteksi ada atau tidaknya mobil yang menempati slot parkir pada gedung parkir Mall Panakukang Makassar, sensor akan terus menerus mengirimkan data ke database secara *real time*. Jika terdapat mobil didepan sensor berjarak kurang atau sama dengan 5 cm maka status di database menjadi "Parkiran Terisi" dan jika tidak terdapat mobil atau mobil berada lebih dari 5 cm maka status di database menjadi "Parkiran Kosong" semua status parkir akan ditampilkan melalui aplikasi mobile yang telah dirancang bagi pengguna. Berikut hasil perancangan Prototype Sistem Parkir seperti pada Gambar 3.1.



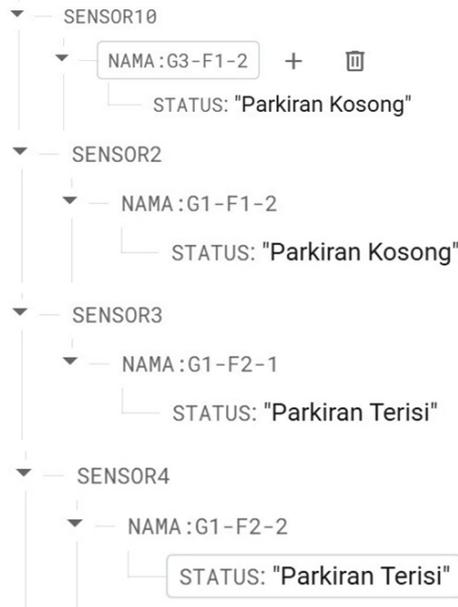
Gambar 3.1. Hasil Prototype (a) Tampak Atas dan (b) Tampak Depan

Prototype ini menggunakan 12 Sensor Ultrasonik yang terbagi kedalam 3 gedung parkir seperti pada Gambar 3.1. Pada Gambar 3.2, setiap gedung parkir dirancang memiliki 2 lantai dengan masing-masing 2 Sensor Ultrasonik untuk setiap lantainya.



Gambar 3.2. Hasil Prototype Slot Parkir

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa semua sensor tidak mendeteksi ada kendaraan sehingga ESP32 mengirimkan data ke Firebase dengan status Parkir Kosong, sedangkan jika sensor mendeteksi ada kendaraan maka ESP32 mengirimkan data ke Firebase status Parkir Terisi. Seperti gambar 3.3 dibawah ini:

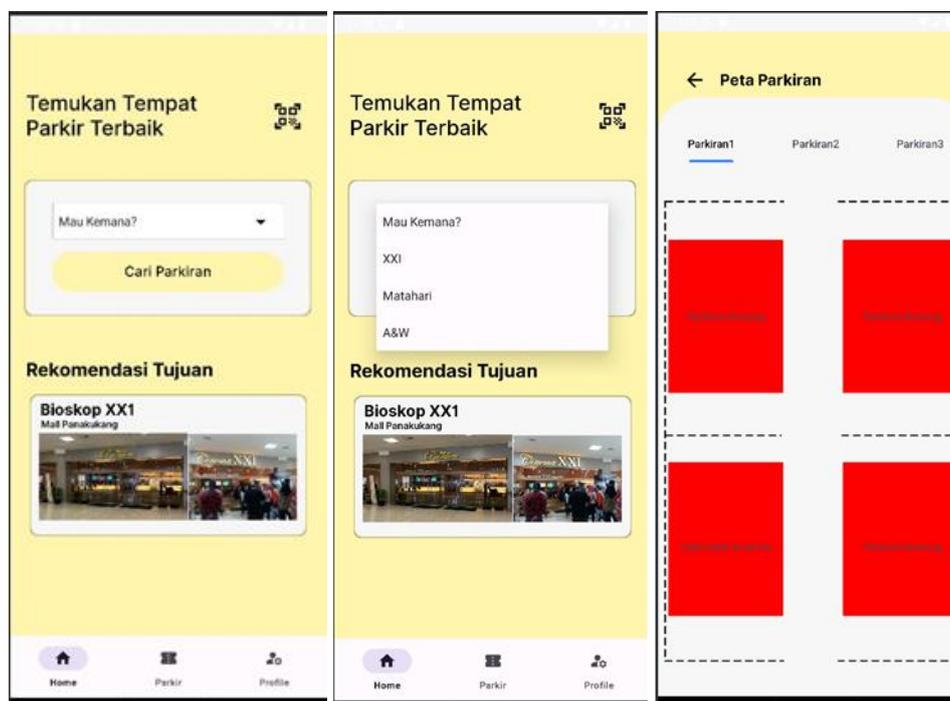


Gambar 3.3 Hasil Input dari Sensor

Firestore akan mengambil data dari Sensor secara *real-time*. Gambar 3.3 menunjukkan beberapa Data Sensor yang di tampilkan pada Firestore lalu di tampilkan diaplikasi menggunakan kode yang sekaligus menjadi ID seperti G3-F1-2.

3.2 Tampilan Aplikasi Terparkir

Aplikasi dirancang untuk menampilkan data *real-time* tentang ketersediaan parkir. Fitur utama meliputi rekomendasi parkir berdasarkan lokasi tujuan pengunjung dan visualisasi status parkir menggunakan warna dengan ketentuan warna hijau untuk Parkir Terisi, warna merah untuk Parkir Kosong. Adapun tampilan aplikasinya seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Tampilan Aplikasi Sistem Parkir

Gambar 3.4 merupakan tampilan Home dan Peta Parkir dari aplikasi Sistem Rekomendasi Parkir, yang mana di bagian Home ini terdapat beberapa fitur seperti fitur cari parkir, dan juga ada rekomendasi tujuan. Pada pojok kanan atas ada fitur untuk menampilkan barcode, barcode tersebut akan digunakan pada pengembangan sistem ini. Dimana, barcode ini berfungsi sebagai pembuka palang parkir serta akan membuat aplikasi menghitung waktu penggunaan selama pengunjung berada di dalam parkir mall. Dengan pengembangan barcode tersebut akan mengurangi penggunaan kertas pada mesin parkir. Terdapat juga fitur cari parkir yang mana pengguna dapat memilih 3 tempat yang bisa dikunjungi seperti XX1, Matahari, dan A&W, sehingga aplikasi akan secara otomatis mengarahkan dimana parkir kosong paling dekat dengan tempat yang dikunjungi.

3.3 Pengujian Sistem

Pengujian Sistem Rekomendasi Parkir dilakukan untuk mengetahui akurasi dari pembacaan sensor dan waktu pengiriman data dari sensor ke database lalu di tampilan diaplikasi sehingga dapat memudahkan dan menghemat waktu pengunjung dalam mencari ada parkir yang kosong seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 3.1 Akurasi pembacaan Sensor Ultrasonik saat Mobil mengisi parkir (parkiran terisi).

Jumlah Pengujian	Nilai Akurasi Sensor Ultrasonik Gedung 1							
	Lantai 1				Lantai 2			
	Nilai Acuan	Nilai Sensor	Selisih	Akurasi (%)	Nilai Acuan	Nilai Sensor	Selisih	Akurasi (%)
Pengujian 1	4 cm	3,99 cm	0,01 cm	99,75 %	4 cm	4,2 cm	0,2 cm	95 %
Pengujian 2	4 cm	4,13 cm	0,13 cm	96,75 %	4 cm	4,03 cm	0,03 cm	99,25 %
Pengujian 3	4 cm	3,88 cm	0,12 cm	97 %	4 cm	4,06 cm	0,06 cm	98,5 %
Pengujian 4	5 cm	4,84 cm	0,16 cm	96,8 %	5 cm	5,12 cm	0,12 cm	97,6 %
Pengujian 5	5 cm	5,03 cm	0,03 cm	99,4 %	5 cm	4,97 cm	0,03 cm	99,4 %
Pengujian 6	5 cm	5 cm	0 cm	100 %	5 cm	4,78 cm	0,22 cm	95,6 %
Pengujian 7	6 cm	5,92 cm	0,08 cm	98,67 %	6 cm	5,91 cm	0,09 cm	98,5 %
Pengujian 8	6 cm	5,83 cm	0,17 cm	97,17 %	6 cm	5,99 cm	0,01 cm	99,83 %
Pengujian 9	6 cm	6,02 cm	0,02 cm	99,67 %	6 cm	6,16 cm	0,16 cm	97,33 %

Pengujian pada tabel 3.1 berfokus mengukur nilai akurasi dari Sensor Ultrasonik dengan mencari selisih dari Nilai Acuan (jarak benda/mobil yang diukur menggunakan meteran) dan Nilai Sensor (jarak benda/mobil yang diukur menggunakan menggunakan Sensor Ultrasonik) dengan mengambil data dari 1 Sensor Ultrasonik Lantai 1 dan Lantai 2 Gedung 1 pada saat mobil mengisi parkir (parkiran terisi). Pengujian 1 sampai 9 untuk mengukur jarak Sensor dengan Nilai Acuan 4 cm, 5 cm, 6 cm yang masing-masing 3 kali pengujian hingga diperoleh nilai Akurasi 96,76%-100% pada Lantai 1. Pengujian 1 sampai 9 untuk mengukur jarak Sensor dengan Nilai Acuan 4 cm, 5 cm, 6 cm yang masing-masing 3 kali pengujian hingga diperoleh nilai Akurasi 95%-99,83% pada Lantai 2. Nilai rata-rata dari Akurasi Sensor sebesar 98,36% untuk Lantai 1 dan 97,89% untuk Lantai 2 hingga diperoleh nilai total sebesar 98,12%.

Tabel 3.2 Akurasi pembacaan Sensor Ultrasonik saat Mobil meninggalkan parkir (parkiran kosong).

Jumlah Pengujian	Nilai Akurasi Sensor Ultrasonik							
	Lantai 1				Lantai 2			
	Nilai Acuan	Nilai Sensor	Selisih	Akurasi (%)	Nilai Acuan	Nilai Sensor	Selisih	Akurasi (%)
Pengujian 1	4 cm	4,11 cm	0,11 cm	97,33 %	4 cm	3,99 cm	0,01 cm	99,65 %
Pengujian 2	4 cm	4,09 cm	0,09 cm	97,78 %	4 cm	4,03 cm	0,03 cm	99,23 %
Pengujian 3	4 cm	3,85 cm	0,15 cm	96,25 %	4 cm	4,19 cm	0,19 cm	95,23 %
Pengujian 4	5 cm	5,15 cm	0,15 cm	97 %	5 cm	5,05 cm	0,05 cm	99,06 %
Pengujian 5	5 cm	5,07 cm	0,07 cm	98,66 %	5 cm	4,96 cm	0,04 cm	99,16 %
Pengujian 6	5 cm	5,12 cm	0,12 cm	97,6 %	5 cm	4,84 cm	0,16 cm	96,76 %
Pengujian 7	6 cm	6,18 cm	0,18 cm	97,05 %	6 cm	5,94 cm	0,07 cm	98,92 %
Pengujian 8	6 cm	5,97 cm	0,03 cm	99,43 %	6 cm	5,85 cm	0,15 cm	97,5 %
Pengujian 9	6 cm	6,05 cm	0,05 cm	99,17 %	6 cm	5,89 cm	0,11 cm	98,23 %

Pengujian pada tabel 3.2 berfokus mengukur nilai akurasi dari Sensor Ultrasonik dengan mencari selisih dari Nilai Acuan (jarak benda/mobil yang diukur menggunakan meteran) dan Nilai Sensor (jarak benda/mobil yang diukur menggunakan menggunakan Sensor Ultrasonik) dengan mengambil data dari 1 Sensor Ultrasonik Lantai 1 dan Lantai 2 Gedung 1 pada saat mobil meninggalkan parkir (parkiran kosong). Pengujian 1 sampai 9 untuk mengukur jarak Sensor dengan Nilai Acuan 4 cm, 5 cm, 6 cm yang masing-masing 3 kali pengujian hingga diperoleh nilai Akurasi 97%-99,43% pada Lantai 1. Pengujian 1 sampai 9 untuk mengukur jarak Sensor dengan Nilai Acuan 4 cm, 5 cm, 6 cm yang masing-masing 3 kali pengujian hingga diperoleh nilai Akurasi 95,23%-99,65% pada Lantai 2. Nilai rata-rata dari Akurasi Sensor sebesar 97,81% untuk Lantai 1 dan 98,19% untuk Lantai 2 hingga diperoleh nilai total sebesar 98%.

Tabel 3.3 Waktu Pengiriman Data Sensor saat Mobil mengisi parkir (parkiran terisi).

Jumlah Pengujian	Waktu Pengiriman Data (Detik)											
	Gedung 1				Gedung 2				Gedung 3			
	F1-1	F1-2	F2-1	F2-2	F1-1	F1-2	F2-1	F2-2	F1-1	F1-2	F2-1	F2-2
Pengujian 1	1,45	1,93	0,98	1,12	2,17	0,74	1,30	1,19	1,18	1,69	1,84	1,55
Pengujian 2	1,95	0,77	1,61	2,01	1,11	2,43	0,84	2	1,3	1,22	1,07	1,06
Pengujian 3	1,54	1,16	1,49	1,36	1,43	1,31	1,7	1,88	1,01	0,71	1,6	0,72
Pengujian 4	1,85	1,49	1,71	1,53	1,13	0,98	0,97	1,72	2,09	1,27	1,74	1,29
Pengujian 5	1,88	1,66	1,43	1,24	1,81	1,13	1,69	1,73	1,23	1,68	1,98	0,98
Pengujian 6	1,41	1,21	1,13	1,2	1,73	1,17	1,58	1,56	1,49	1,57	1,51	1,83
Pengujian 7	1	2,12	1,92	1,2	1,23	1,14	0,87	1,98	0,65	1,89	1,57	1,8
Pengujian 8	0,8	1,09	1,41	0,85	1,47	1,5	2,15	1,93	1,95	1,86	1,44	1,74
Pengujian 9	1,4	1,92	1,18	1,4	2,19	1,62	1,83	1,29	1,42	1	1,11	1,01

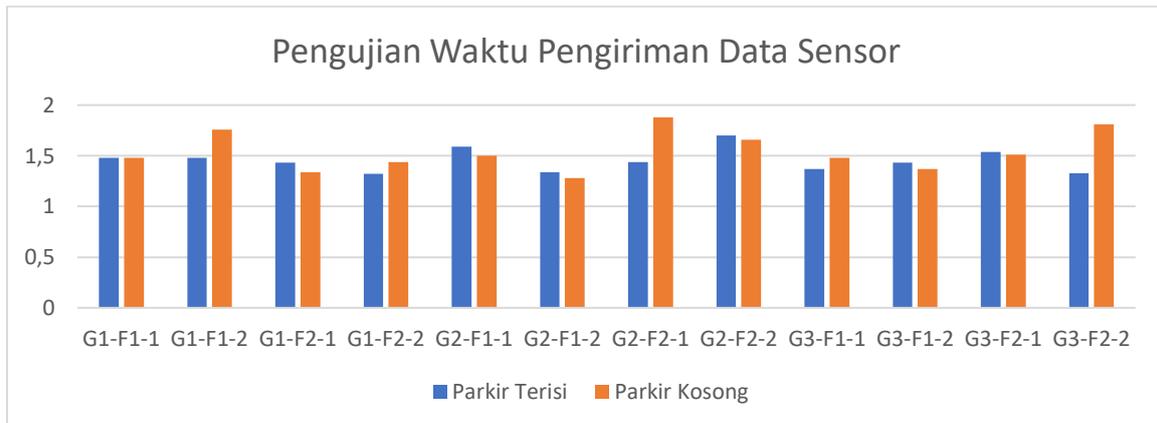
Berdasarkan hasil pengujian waktu pengiriman data sensor saat mobil mengisi parkir pada tabel 3.3 Gedung 1 Lantai 1 Sensor 1 (F1-1) diperoleh nilai sebesar 0,8-1,95 detik dengan rata-rata yaitu 1,48 detik, Lantai 1 Sensor 2 (F1-2) diperoleh nilai sebesar 0,77-2,12 detik dengan rata-rata yaitu 1,48 detik, Lantai 2 Sensor 1 (F2-1) diperoleh nilai sebesar 0,98-1,92 detik dengan rata-rata yaitu 1,43 detik, Lantai 2 Sensor 2 (F2-2) diperoleh nilai sebesar 0,85-2,01 detik dengan rata-rata yaitu 1,32 detik. Selanjutnya pada Gedung 2 Lantai 1 Sensor 1 (F1-1) diperoleh nilai sebesar 1,11-2,19 detik dengan rata-rata yaitu 1,59 detik, Lantai 1 Sensor 2 (F1-2) diperoleh nilai sebesar 0,74-2,43 detik dengan rata-rata yaitu 1,34 detik, Lantai 2 Sensor 1 (F2-1) diperoleh nilai sebesar 0,84-2,15 detik dengan rata-rata yaitu 1,44 detik, Lantai 2 Sensor 2 (F2-2) diperoleh nilai sebesar 1,19-2 detik dengan rata-rata yaitu 1,7 detik. Kemudian pada Gedung 3 Lantai 1 Sensor 1 (F1-1) diperoleh nilai sebesar 0,65-2,09 detik dengan rata-rata yaitu 1,37 detik, Lantai 1 Sensor 2 (F1-2) diperoleh nilai sebesar 0,71-1,89 detik dengan rata-rata yaitu 1,43 detik, Lantai 2 Sensor 1 (F2-1) diperoleh nilai sebesar 1,07-1,98 detik dengan rata-rata yaitu 1,54 detik, Lantai 2 Sensor 2 (F2-2) diperoleh nilai sebesar 0,72-1,83 detik dengan rata-rata yaitu 1,33 detik. Rata-rata waktu pengiriman data sensor saat mobil mengisi parkir Gedung 1 sampai Gedung 3 sebesar 1,45 detik.

Tabel 3.4 Waktu Pengiriman Data Sensor saat Mobil meninggalkan parkir (parkiran kosong).

Jumlah Pengujian	Waktu Pengiriman Data (Detik)											
	Gedung 1				Gedung 2				Gedung 3			
	F1-1	F1-2	F2-1	F2-2	F1-1	F1-2	F2-1	F2-2	F1-1	F1-2	F2-1	F2-2
Pengujian 1	1,51	2,35	2,27	1,54	2,28	1,67	1,93	0,76	1,04	1,96	1,26	1,67
Pengujian 2	1,14	2,01	1,17	1,42	1,16	1,58	1,58	1,73	2,03	0,81	0,86	2,26
Pengujian 3	1,86	0,87	0,95	0,9	1,63	1,11	2,24	1,77	0,96	0,31	1,4	1,75
Pengujian 4	0,5	1,82	0,99	1,52	0,46	1,06	1,85	1,26	1,16	1,97	2,42	1,71
Pengujian 5	1,73	1,59	0,78	1,6	2,66	1,41	2,35	1,61	1,66	1,32	1,46	1,74
Pengujian 6	0,79	2,52	1,87	1,55	1,54	1,73	2,03	1,43	0,95	1,63	1,28	1,9
Pengujian 7	1,97	2,14	1,48	1,86	0,78	1,49	1,34	2,21	1,5	1,48	1,55	1,38
Pengujian 8	1,97	1,21	0,99	1,6	1,55	0,64	1,91	2,24	2,48	1,62	1,8	1,34
Pengujian 9	1,88	1,34	1,55	0,97	1,44	0,86	1,66	1,92	1,52	1,27	1,57	2,51

Berdasarkan hasil pengujian waktu pengiriman data sensor saat mobil meninggalkan parkir pada tabel 3.4 Gedung 1 Lantai 1 Sensor 1 (F1-1) diperoleh nilai sebesar 0,5-1,97 detik dengan rata-rata yaitu 1,48 detik, Lantai 1 Sensor 2 (F1-2) diperoleh nilai sebesar 0,87-2,52 detik dengan rata-rata yaitu 1,76 detik, Lantai 2 Sensor

1 (F2-1) diperoleh nilai sebesar 0,78-2,27 detik dengan rata-rata yaitu 1,34 detik, Lantai 2 Sensor 2 (F2-2) diperoleh nilai sebesar 0,9-1,86 detik dengan rata-rata yaitu 1,44 detik. Selanjutnya pada Gedung 2 Lantai 1 Sensor 1 (F1-1) diperoleh nilai sebesar 0,46-2,66 detik dengan rata-rata yaitu 1,5 detik, Lantai 1 Sensor 2 (F1-2) diperoleh nilai sebesar 0,64-1,73 detik dengan rata-rata yaitu 1,28 detik, Lantai 2 Sensor 1 (F2-1) diperoleh nilai sebesar 1,34-2,35 detik dengan rata-rata yaitu 1,88 detik, Lantai 2 Sensor 2 (F2-2) diperoleh nilai sebesar 0,76-2,24 detik dengan rata-rata yaitu 1,66 detik. Kemudian pada Gedung 3 Lantai 1 Sensor 1 (F1-1) diperoleh nilai sebesar 0,95-2,48 detik dengan rata-rata yaitu 1,48 detik, Lantai 1 Sensor 2 (F1-2) diperoleh nilai sebesar 0,31-1,97 detik dengan rata-rata yaitu 1,37 detik, Lantai 2 Sensor 1 (F2-1) diperoleh nilai sebesar 0,86-2,42 detik dengan rata-rata yaitu 1,51 detik, Lantai 2 Sensor 2 (F2-2) diperoleh nilai sebesar 1,34-2,51 detik dengan rata-rata yaitu 1,44 detik. Rata-rata waktu pengiriman data sensor saat mobil meninggalkan parkir Gedung 1 sampai Gedung 3 sebesar 1,54 detik.



Gambar 3.5 Hasil Input dari Sensor

Gambar 3.5 menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan data sensor ke aplikasi saat kendaraan mengisi parkir (Parkir Terisi) sekitar 1,54 dan 1,45 saat kendaraan meninggalkan parkir (Parkir Kosong).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi kendaraan dalam jarak kurang dari 5 cm dengan akurasi 98%. Berikut tabel hasil pengujian deteksi sensor:

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Akurasi dan Waktu Pengiriman data Sensor

Kondisi Slot Parkir	Akurasi Sensor	Waktu Pengiriman
Parkir Terisi	98,12%	1.54 Detik
Parkir Kosong	98%	1.45 Detik
Rata-rata	98,06%	1.5 Detik

3.4 Analisis Hasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi AI dan sensor ultrasonik memungkinkan analisis *real-time* terhadap status parkir. AI dalam sistem ini memainkan peran penting dalam memproses data dari sensor, menganalisis pola lalu lintas, dan memberikan rekomendasi lokasi parkir yang paling efisien. Teknologi ini tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga proaktif, karena dapat memprediksi kebutuhan parkir berdasarkan data historis dan kondisi saat ini. Selain itu, AI memungkinkan pengelolaan data besar yang dihasilkan oleh sistem secara *real-time*, menjadikannya lebih andal dan responsif dibandingkan sistem tradisional.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji prototipe sistem rekomendasi parkir cerdas berbasis AI untuk Mall Panakkukang. Sistem ini mengandalkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi status parkir dan menggunakan Firebase untuk penyimpanan data *real-time*. AI digunakan untuk menganalisis data lalu lintas dan memprediksi ketersediaan parkir, sehingga memberikan rekomendasi yang lebih efisien dan proaktif kepada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan akurasi deteksi kendaraan sebesar 98,06% dengan waktu respons rata-rata 1,5 detik yang menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan memperbarui status parkir secara *real-time*.



time dengan tingkat akurasi tinggi dan waktu delay minimal. Sistem ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi dalam pencarian tempat parkir dan mengurangi waktu tunggu pengunjung.

4.2 Saran

Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan:

- a. Meningkatkan stabilitas jaringan dengan menggunakan teknologi seperti 5G untuk meminimalkan waktu delay.
- b. Mengintegrasikan fitur pembayaran digital untuk memberikan kenyamanan lebih kepada pengguna.
- c. Mengembangkan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis pola parkir lebih kompleks.
- d. Melakukan implementasi di lokasi lain untuk mengevaluasi kinerja dalam kondisi berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. P. D. Akhsa, Muh. Agus, Rosmiati, and A. M. B. Ulum, "Perancangan E-Office Pelayanan Dan Pengarsipan Digital Menggunakan Metode OCR Berbasis Web," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 7, no. 1, pp. 218–226, Feb. 2024.
- [2] Y. Herawati, "Potret Jakarta, Setengah Jam Mencari Tempat Parkir," Viva News & Insights. Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.viva.co.id/otomotif/1123438-potret-jakarta-setengah-jam-mencari-tempat-parkir>
- [3] M. Nursam, "Sehari, Pengunjung Mal Panakkukang Capai 16 Ribu Orang," FAJAR.CO.ID. Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: <https://fajar.co.id/2021/05/04/sehari-pengunjung-mal-panakkukang-capai-16-ribu-orang>
- [4] Makassarmetro, "Manjakan Pengunjung Mall Panakkukang, Grab Hadirkan GrabCar Shelter," MAKASSARMETRO.COM. Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: <https://makassarmetro.com/2019/10/10/manjakan-pengunjung-mall-panakkukang-grab-hadirkan-grabcar-shelter>
- [5] D. Antoni, M. I. Herdianyah, M. Akbar, and A. Sumitro, "Pengembangan Infrastruktur Jaringan Untuk Meningkatkan Pelayanan Publik di Kota Palembang," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 5, no. 4, pp. 1652–1659, Oct. 2021.
- [6] A. D. Saputra, A. P. Kharisma, and L. Fanani, "Pengembangan Aplikasi Klinik Kecantikan sebagai Pengelola Transaksi berbasis Android menggunakan Metode Prototype (Studi Kasus: Klinik Kecantikan CV Nana Beautyskin)," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 8, pp. 3591–3599, Aug. 2021.
- [7] Muh. Agus, P. Ayu Maharani, and M. Rafrin, "Perancangan Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah, Udara dan Suhu pada Tanaman Bawang Merah Menggunakan IoT," *Prosiding Seminar Nasional SISFOTEK*, vol. 7, no. 1, pp. 102–108, Oct. 2023, Accessed: Nov. 15, 2024.
- [8] Muh. Agus, M. F. Hasyim, M. I. Erlangga, and S. R. Yunus, "Perancangan Sistem Pemberian Pakan Ayam Cerdas (SPACE) Guna Meningkatkan Produktivitas Ayam Petelur Menggunakan NodeMCU," *Konferensi Nasional Ilmu Komputer (KONIK) 2023*, vol. 7, no. 2, pp. 129–146, Dec. 2023.
- [9] D. Neupane, A. Bhattarai, S. Aryal, M. R. Bouadjenek, U.-M. Seok, and J. Seok, "SHINE: Deep Learning-Based Accessible Parking Management System," *ResearchGate*, pp. 1–20, Feb. 2023.
- [10] Tukadi, R. Arief, and W. A. Rosyadi, "Reservasi Area Parkir Berbasis Internet Of Things," *Jurnal JE-UNISLA : Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power System*, vol. 5, no. 2, pp. 370–375, Sep. 2020.
- [11] A. K. Jusuf and M. Agus, "Penerapan Sistem Tracking Berbasis GPS Pada Alat Pendeteksi Alkohol Terintegrasi Dengan Arduino Untuk Pengemudi Mobil Penumpang Umum," *Journal of System and Computer Engineering*, 2023.
- [12] M. Asrori, W. Y. Rezika, A. T. A. Salim, B. Indarto, and R. T. Nudiansyah, "Kalibrasi Alat Ukur Temperatur Dan Kelembaban Kereta Rel Diesel Elektrik," *J-TETA (Jurnal Teknik Terapan)*, vol. 1, no. 2, pp. 36–41, Oct. 2022.
- [13] P. A. Maharani *et al.*, "Pelatihan MIT App Inventor sebagai Upaya Meningkatkan Kemampuan Berpikir Logis Siswa SMAN 4 Parepare," *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, vol. 5, no. 1, pp. 161–169, Feb. 2024.
- [14] M. Rafrin, Muh. Agus, and P. A. Maharani, "IoT-Based Irrigation System Using Machine Learning for Precision Shallot Farming," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 8, no. 2, pp. 216–222, Apr. 2024.
- [15] Muh. Agus *et al.*, "Pelatihan Robot Sederhana Untuk Tngkatkan Logika Berfikir Siswa di SMKN 2 Pinrang," *MONSU'ANI TANO Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 7, no. 2, pp. 129–146, Nov. 2024.





- [16] Guntur and Muh. Agus, “Rancang Bangun Monitoring Penyemprotan Rumput Pada Tanaman Padi Berbasis Android,” *Jurnal IT: Media Informasi STMIK Handayani Makassar*, vol. 12, no. 1, pp. 57–67, Apr. 2021.
- [17] Muh. Agus, A. T. P. D. Akhsa, and S. R. Yunus, “Perancangan Sistem Pemberian Nutrisi Tanaman Sayuran Hidroponik Otomatis Berbasis Arduino,” *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, vol. 8, no. 4, pp. 248–258, Nov. 2023, Accessed: Nov. 15, 2024.

