

Prototipe Iot Pada Sistem Vertical Parking Dalam Optimalisasi Pengelolaan Ruang Parkir

1st Pandu Halimie Prahutama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

panduhalmie@telkomuniversity.ac.id

2nd Naura Nafisah Ningrum
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nafisah@telkomuniversity.ac.id

3rd Rizky Aprilia
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rizkyapr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Seiring tahun jumlah kendaraan di kota besar seperti Jakarta semakin bertambah yang mana berdampak pada berkurangnya lahan parkir yang tersedia. Keterbatasan lahan parkir ini memicu berbagai masalah dalam aspek ekonomi, sosial kesehatan dan keselamatan. Pada penelitian ini, menjelaskan mengenai pengimplementasian Internet of Things (IoT) pada sebuah maket vertical parking yang dapat membantu pengoptimalisasian lahan parkir. IoT digunakan untuk memantau status slot parkir apakah telah terisi atau kosong. Sistem ini dapat dijalankan dengan melakukan booking pada website untuk melihat slot parkir yang tersedia dan tidak. Berdasarkan hasil pengujian, lift parkir dapat mengangkat naik beban ke lantai 2 dengan berat 60 gr selama 16 detik. Kemudian pada pengujian menurunkan beban dari lantai 2 ke lantai 1, selama 15 detik, lift dapat menurunkan beban seberat 60 gr. Pada pengujian IoT, sensor mampu mendeteksi kendaraan pada slot parkir dengan jarak kurang dari sama dengan 6 cm. Terakhir pengujian pada pengujian website tidak memiliki keterlambatan dan masalah selama melakukan reservasi oleh pengguna dan checkout oleh operator. Pengguna yang telah menggunakan website dan mengisi kuesioner, telah memberikan hasil yang cukup baik dengan nilai 4.24 dari 5 untuk pengalaman penggunaan website dan 4.12 dari 5 untuk kenyamanan visual selama menggunakan website.

Kata kunci— Lahan parkir, Vertical Parking, IoT, Website

I. PENDAHULUAN

Ibu Kota Negara Indonesia, Jakarta merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk yang terbilang banyak dengan memiliki wilayah daratan yang cukup luas. Dikutip dari World Population Review, Jakarta memiliki jumlah penduduk yang padat sebesar 11 Juta jiwa dan menempati peringkat ke 28 dari 781 kota terpadat di dunia [1]. Fakta tersebut membuat Jakarta memiliki jumlah penduduk lebih banyak dibandingkan beberapa Ibu Kota Negara lainnya seperti Paris, Bangkok, Lima, Peru, dan masih banyak lagi [2]. Dengan jumlah penduduk yang besar tersebut, Jakarta juga memiliki cakupan wilayah daratan sebesar 660 Km² [3].

Seiring bertambahnya penduduk, maka jumlah kendaraan pribadi dan umum juga terus menerus meningkat di Jakarta. Angka ini bahkan mencapai 26 Juta unit per tahun 2022 yang meningkat sebesar 4.39% dari tahun sebelumnya [4]. Dengan hal ini, maka jumlah kendaraan yang berada di jalan sangatlah ramai sehingga sering kali terjadinya

kemacetan yang sudah seperti bagian integral dari kehidupan sehari-hari. Namun, kemacetan tidak hanya disebabkan oleh jumlah kendaraan saja melainkan permukiman dan gedung bertingkat yang juga terus berkembang setiap saat yang pada akhirnya akan membuat jumlah jalanan semakin terbatas.

Dengan banyaknya jumlah penduduk, kendaraan, permukiman, dan gedung bertingkat yang membuat jumlah jalan tidak mampu menanggapi lonjakan jumlah kendaraan maka kemacetan akan terjadi dan ruang parkir di pusat kota semakin terbatas sehingga mendorong masyarakat untuk parkir di bahu jalan.

Dengan memarkirkan kendaraan di bahu jalan hanya memberikan solusi sementara dan terkadang menambah kompleksitas kemacetan. Praktik ini akan mengurangi kapasitas jalan yang tersedia sehingga kemacetan masih dapat terjadi dan menunjukkan adanya kelemahan infrastruktur pendukung parkir yang memadai di kota padat seperti Jakarta.

Dengan besarnya pertumbuhan kota Jakarta maka akan terjadi ketidaknyamanan dalam mobilitas aktivitas sehari-hari. Untuk memahami dampak penuh kemacetan ini, perlu diidentifikasi akar permasalahan serta konsekuensi sosial dan ekonomi yang muncul akibat kondisi ini. Diskusi tentang kemacetan di Jakarta dapat membuka pintu untuk pemahaman lebih lanjut mengenai perlunya kebijakan dan tindakan yang dapat diambil untuk mengatasi masalah tersebut.

II. KAJIAN TEORI

A. Vertikal Parking

Sistem parkir yang dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan ruang vertikal di area terbatas. Sistem ini memungkinkan kendaraan diparkir dalam susunan bertingkat atau bertumpuk. Sistem ini biasanya dilengkapi dengan mekanisme otomatis atau semi-otomatis yang memungkinkan kendaraan diparkir dan diambil dengan efisiensi tinggi, memaksimalkan penggunaan ruang yang terbatas terutama di area perkotaan yang padat.

B. Internet of Things

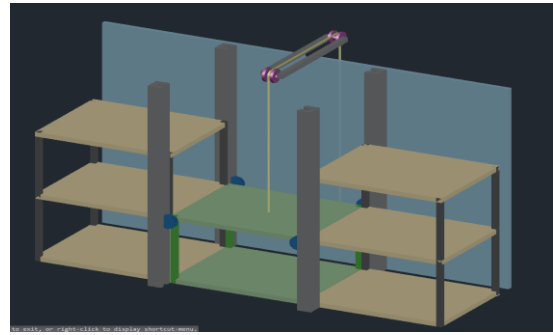
Perangkat ini bisa berupa sensor, alat rumah tangga, kendaraan, mesin industri, dan banyak lagi. IoT memungkinkan perangkat-perangkat ini untuk

mengumpulkan data, menganalisis informasi, dan mengambil tindakan berdasarkan data tersebut, yang dapat meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keamanan di berbagai bidang.

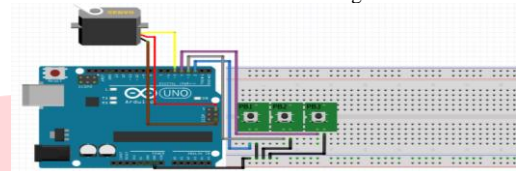
1. Konektivitas: IoT memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan internet sehingga mereka dapat mengirim dan menerima data.
2. Sensor: IoT menggunakan sensor untuk mengumpulkan data dari lingkungan atau objek tertentu.
3. Data: Data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT dapat dianalisis untuk menghasilkan wawasan yang berguna.
4. Interaksi: IoT memungkinkan interaksi antara perangkat dan manusia atau antar perangkat itu sendiri tanpa campur tangan manusia secara langsung.

C. Website Application

Website Application Keunggulan utamanya terletak pada akses yang mudah, karena dapat diakses melalui perangkat mobile ataupun desktop sehingga pengguna dapat dilakukan darimana saja dan kapan saja.



GAMBAR 2
Desain Vertikal Parking



GAMBAR 3
Wiring Diagram Lift

III. METODE

C. Internet of Things

A. Diagram Sistem



GAMBAR 1
Diagram Sistem Keseluruhan

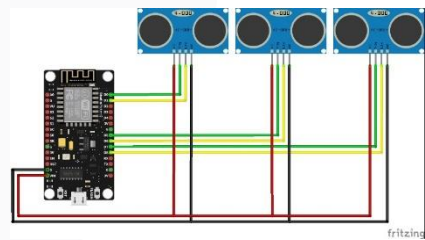
Arsitektur sistem yang ditunjukkan pada Gambar 2 merupakan diagram sistem untuk penelitian. Hal ini menggambarkan bahwa penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 bersama dengan ESP8266, yang terhubung ke Firebase. Situs web kemudian memproses dan menukar data dengan Firebase dan phpMyAdmin sebelum menyajikannya kepada pengguna.

B. Vertikal Parking

Bagian implementasi ini menghasilkan maket vertical parking yang terdiri dari 2 lantai dan lift. Untuk naik ke setiap lantai tersebut menggunakan lift yang dioperasikan dengan menggunakan motor servo MG996R sebagai katrol yang menarik lift nya. Lift tersebut dapat berpindah dari satu lantai ke lantai lainnya menggunakan push button. Implementasi katrol tersebut digerakkan menggunakan Arduino uno sebagai otak komputer yang menyimpan script coding pada implementasi ini.

TABEL 1
GPIO Sistem

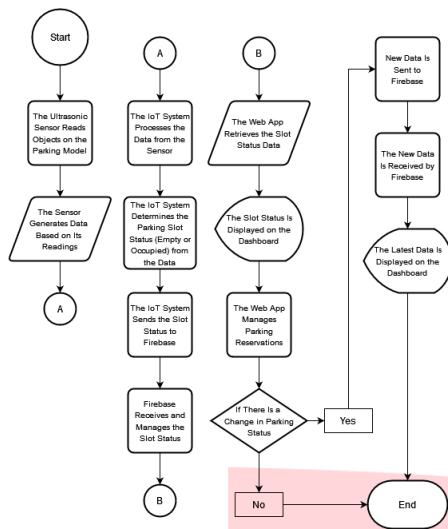
Hardware	Pin Hardware	Pin NodeMCU
Sensor HC-SR04 (1)	Trigger	D0
	Echo	D1
	VCC	VIN
	GND	G
Sensor HC-SR04 (2)	Trigger	D5
	Echo	D6
	VCC	VIN
	GND	G
Sensor HC-SR04 (3)	Trigger	D7
	Echo	D8
	VCC	VIN
	GND	G



GAMBAR 4
Wiring Diagram IoT

Sensor Ultrasonik HC-SR04 terpilih sebagai solusi utama dalam pemilihan opsi Internet of Things (IoT) melalui Matriks Keputusan karena keunggulan serta kesesuaian fungsionalnya dengan penggunaan maket vertikal parking yang telah ada. Berikut ini adalah flowchart yang mewakili langkah-langkah implementasi dari solusi yang terpilih.

D. FlowChart IoT dan Website



GAMBAR 4
Flowchart IoT dan Website

Diagram alur sistem yang ditunjukkan pada Gambar 5 menggambarkan flowchart sistem untuk penelitian ini. Diagram tersebut menggambarkan alur kerja dari titik awal hingga Titik B, yang mencakup komponen IoT dari sistem. Proses kemudian berlanjut dari Titik B hingga Akhir, mencakup fungsionalitas situs web.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Performa Lift

Dalam pengujian ini, dilakukan percobaan untuk menguji kemampuan servo MG996R dalam menarik lift yang berisi beban hingga lantai dua. Lift tersebut memiliki berat sendiri sebesar 210,8 gr. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah servo mampu menarik lift dengan beban tambahan secara bertahap. Pengujian dilakukan dengan menambahkan beban sebesar 60 gr setiap kali dan mencatat waktu perpindahan lift antar slot parkir menggunakan stopwatch. Setiap beban diuji sebanyak tiga kali untuk mendapatkan rata-rata waktu perpindahan yang akurat. Beban ditambahkan secara bertahap hingga mencapai 180 gram.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa servo MG996R mampu menarik lift dengan beban hingga 180 gr, sehingga total beban yang diangkat oleh servo adalah 390,8 gram (210,8 gr berat lift + 180 gr beban tambahan). Pengujian dilakukan dengan berfokus pada kekuatan katrol yang dipasang pada ujung servo. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa katrol pada ujung servo mampu menahan beban yang lebih berat tanpa copot. Pengujian dilakukan dengan metode yang sama, yaitu menambahkan beban sebesar 60 gr setiap kali dan mencatat waktu perpindahan lift. Hasil pengujian tambahan ini akan memberikan data yang lebih komprehensif mengenai batas maksimal beban yang dapat diangkat oleh servo MG996R serta kekuatan katrol dalam menahan beban tersebut.

TABEL 2
Pengujian Lift Naik dan Lift Turun

No	Berat (gram)	Waktu (s)	
		Naik	Turun
1	0	14,82	14,73

2		14,87	14,46
3		14,85	14,62
4	60	15,88	15,07
5		16,03	14,97
6		15,82	15,19
7	120	17,42	16,44
8		17,35	16,51
9		17,68	16,57
10	180	19,13	17,53
11		19,32	17,43
12		19,56	17,61
Rata-rata (s)		16,89	15,93

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian lift pada maket yang dilakukan diketahui bahwa jika servo menarik lift ke lantai 2 dengan berat beban 0 gr rata - rata waktu 14.84 s pada berat 60 gr rata-rata waktu 15.91 s, dengan berat beban 120 gr rata-rata waktu 17.48 s, dan berat beban 180 gr rata-rata waktu 19.34 s. jika menurunkan beban dari lantai 2 ke lantai 1 menggunakan servo dengan berat beban 0 gr rata-rata waktu 14.60 s, dengan berat beban 60 gr rata-rata waktu 15.08 s, dengan berat beban 120 gr rata - rata waktu 16.51 s, dan berat beban 180 gr rata - rata dengan waktu 17.52 s.

B. Pengujian *Quality of Service*

TABEL 3
Pengujian Fungsionalitas Sensor

Percobaan	Jarak sebenarnya (cm)	Jarak yang dideteksi sensor (cm)	Error (%)
1	10	9	10%
2	20	20	0%
3	30	30	0%
4	40	40	0%
5	50	49	2%
6	60	60	0%
7	70	70	0%
8	80	79	1,25%
9	90	89	1,11%
10	100	99	1%

Dapat disimpulkan berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sensor, pada jarak sebenarnya 10cm, sensor membaca jarak 9cm dengan persentase error 10%. Kemudian dengan jarak sebenarnya 100cm, sensor membaca jarak sejauh 99cm dengan persentase error 1%. Maka dari pengujian fungsionalitas sensor, disimpulkan bahwa semakin besar jarak antara sensor dengan objek maka semakin kecil persentase error yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin kecil jarak antara sensor dengan objek maka semakin besar persentase error. Kemudian pada pengujian keakuratan sensor mendeteksi kendaraan, sensor 1 mendeteksi jarak yaitu 8 cm dengan status slot parkir "Empty", sensor 2 mendeteksi jarak 7 cm dengan status slot parkir "Empty" dan sensor 3 per status "Parked" dengan jarak 6cm. Pada percobaan kedua, sensor 1 mendeteksi jarak 5 cm dengan

status “Parked”, sensor 2 mendeteksi jarak 7 cm dengan status “Empty” dan sensor 3 mendeteksi 9cm dengan status “Empty”. Berdasarkan hasil pengujian yang didapatkan, penulis menyimpulkan bahwa sensor dapat mendeteksi kendaraan dengan jarak minimal 6 cm, apabila jarak sensor dengan kendaraan melebihi 6 cm maka status slot parkir akan “Empty” dan sebaliknya apabila jarak kendaraan dengan sensor kurang dari 6 cm maka sistem akan membaca bahwa slot parkir “Parked”.

TABEL 4
Pengujian Throughput

Pengujian ke-	Jumlah Data Dikirim (Bytes)	Waktu pengiriman (s)	Throughput (bit/s)
1	22098	20.429	8,65
2	13021	40.628	2,56
3	19580	60.865	2,57
4	49318	18.974	20,78
5	28091	40.446	5,56
6	156719	60.950	20,56
7	35010	20.710	13,52
8	27587	40.319	5,47
9	698754	60.671	92,07
10	2178	20.219	0,86
11	17409	40. 883	3,41
12	66882	60.131	8,90
13	64331	20.410	25,21
14	26408	40.909	5,16
15	213864	60, 678	28,18
Rata-rata (bit/s)			16,26
Rata-rata (kbps)			0,0163
Kategori Throughput			Rendah
Indeks			1

TABEL 5
Pengujian Packet Loss

Pengujian ke-	Paket yang Dikirim	Paket yang Diterima	Packet Loss (%)
1	59	59	0
2	70	70	0
3	111	111	0
4	110	110	0
5	111	111	0
6	445	444	0,22
7	91	91	0
8	102	102	0
9	883	881	0,23
10	28	28	0
11	100	100	0
12	219	219	0
13	135	135	0
14	112	112	0
15	654	653	0,15
Rata-rata (%)			0,04
Kategori Degradasi			Rendah
Indeks			9

Analisis hasil pengujian throughput dan packet loss pada sensor ultrasonik menunjukkan performa yang cukup

memadai untuk aplikasi yang tidak memerlukan kecepatan tinggi namun membutuhkan keandalan dalam pengiriman data. Rata-rata throughput sebesar 16.26 bit/s atau 0.0163 kbps berada dalam kategori rendah dan memperoleh indeks 1, mengindikasikan bahwa kecepatan pengiriman data cukup lambat. Namun, stabilitas throughput menunjukkan bahwa data tetap dapat dikirim dengan konsisten meskipun pada kecepatan yang rendah. Di sisi lain, rata-rata packet loss sebesar 0.04% yang termasuk dalam kategori degradasi rendah dengan indeks 9, menunjukkan bahwa hampir tidak ada data yang hilang selama transmisi. Sebagian besar pengujian menunjukkan tidak adanya packet loss, dengan hanya beberapa pengujian yang mencatatkan packet loss minimal. Hal ini menegaskan bahwa meskipun throughput rendah, jaringan sensor ultrasonik ini sangat andal dan dapat diandalkan untuk aplikasi yang membutuhkan transmisi data yang konsisten dan minim kehilangan data.

TABEL 6
Pengujian Delay

No	Waktu Booking (Web)	Waktu Booking (Database)	Selisih/Delay (Milidetik)
1	13:41:50.984	13:41:51.136	152
2	13:42:15.905	13:42:16.132	227
3	13:43:19.844	13:43:20.256	412
4	13:45:57.966	13:45:58.234	268
5	13:46:13.932	13:46:14.301	369
6	13:46:05.729	13:46:06.134	405
7	13:56:38.646	13:56:39.195	549
8	13:57:13.760	13:57:14.016	256
9	13:57:23.872	13:57:24.230	358
10	14:03:07.850	14:03:08.017	167
11	14:03:03.838	14:03:04.268	430
12	14:03:10.914	14:03:11.319	405
13	14:09:34.956	14:09:36.044	1.088
14	14:09:26.732	14:09:27.196	464
15	14:10:33.887	14:10:34.265	378

Berdasarkan hasil pengujian delay website, rata-rata selisih waktu antara pencatatan di web dan database adalah sekitar 395.2 milidetik. Penyebaran selisih waktu ini cukup signifikan, dengan nilai minimum sebesar 152 milidetik dan maksimum sebesar 1088 milidetik, menghasilkan rentang sebesar 936 milidetik. Variasi yang besar dalam selisih waktu ini menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam waktu pencatatan, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti latensi jaringan, beban server, atau efisiensi algoritma pencatatan.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem vertikal parking dan sensor IoT yang digunakan telah mencapai tingkat keberhasilan yang memuaskan. Pengujian terhadap lift pada maket menunjukkan konsistensi waktu operasi yang relatif stabil meskipun dengan variasi beban, menandakan performa yang dapat diandalkan untuk penggunaan sehari-hari.

Sensor ultrasonik HC-SR04 juga menunjukkan performa yang cukup baik, dengan beberapa catatan. Pengujian

throughput menunjukkan nilai rata-rata sebesar 16.26 bytes/s (0.0163 kbps), yang tergolong rendah dengan indeks 1. Meskipun throughputnya rendah, stabilitas dan konsistensi pengiriman data tetap terjaga. Di sisi lain, pengujian packet loss menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dengan rata-rata packet loss sebesar 0.04%, yang masuk dalam kategori degradasi rendah dengan indeks 9. Sebagian besar pengujian menunjukkan tidak adanya packet loss, dengan hanya beberapa pengujian yang menunjukkan packet loss minimal (0.22%, 0.23%, dan 0.15%). Meskipun throughput jaringan rendah, jaringan sensor ultrasonik ini sangat andal dengan hampir tidak ada data yang hilang selama transmisi, menjadikannya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan keandalan tinggi dan toleransi rendah terhadap kehilangan data, meskipun tidak memerlukan kecepatan pengiriman data yang tinggi.

Hasil pengujian delay website menunjukkan rata-rata selisih waktu antara pencatatan di web dan database adalah sekitar 395.2 milidetik, dengan penyebaran yang signifikan antara 152 hingga 1088 milidetik, menghasilkan rentang 936 milidetik. Ketidakkonsistenan ini mungkin disebabkan oleh faktor seperti latensi jaringan, beban server, atau efisiensi algoritma pencatatan, yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi data.

Rencana berkelanjutan mencakup optimasi kecepatan situs web, perbaikan akurasi sensor, dan peningkatan kejelasan informasi dalam layanan booking/reservasi, yang secara keseluruhan memberikan fondasi kuat untuk

pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan kenyamanan, kepuasan pengguna, dan performa sistem.

REFERENSI

- [1] "Jakarta Population 2024," World Population Review. Accessed: Jun. 10, 2024. [Online]. Available: <https://worldpopulationreview.com/world-cities/jakarta-population>
- [2] Ulfa Afrieza, "10 Kota Terpadat di Dunia 2023, Jakarta Nomor Berapa?," Kompas.com. Accessed: Dec. 09, 2023. [Online]. Available: <https://travel.kompas.com/read/2023/03/06/120600027/10-kota-terpadat-di-dunia-2023-jakarta-nomor-berapa-?page=all>
- [3] BPS Provinsi DKI Jakarta, "Luas Daerah Menurut Kabupaten/Kota (Km²), 2020-2022," Badan Pusat Statistik Indonesia. Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://jakarta.bps.go.id/indicator/153/38/1/luas-daerah-menurut-kabupaten-kota.html>
- [4] A. Herman, G. H. Cahyana, and D. T. Mulyani, "ANALISIS PENGUKURAN KONSENTRASI KARBONMONOKSIDA (CO) PADA BREATHING ZONE PETUGAS PARKIR BASEMENT MALL KOTA BANDUNG."