

Penerapan Internet Of Things Pada Design Smart Parking Untuk Parkir Basement Gedung Tult

1st Muhammad Priambodo Satrio Wibowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mpsatriowibowo@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dhoni Putra Setiawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
setiawandhoni@telkomuniversity.ac.id

3rd Sri Astuti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
sriastuti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam sistem manajemen parkir dalam upaya meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem parkir pintar berbasis IoT yang dapat memantau ketersediaan slot parkir secara *real-time* dan memberikan informasi kepada pengguna melalui aplikasi *mobile*. Setelah hasil pertimbangan dan riset di lahan parkir *basement* TULT didapatkan spesifikasi sistem yang menggunakan sensor ultrasonik dan sensor inframerah untuk mendeteksi keberadaan kendaraan di slot parkir. Data yang dikumpulkan oleh sensor dikirimkan ke database oleh mikrokontroler sebagai data informasi kepada pengguna. Alat diletakkan dibagian dinding *basement* TULT dengan konfigurasi sensor sejauh 80 cm untuk menandakan bahwa slot terisi atau tidak. Metode pengujian melibatkan pengukuran kualitas layanan (QoS) berdasarkan parameter seperti *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan informasi yang akurat dengan tingkat *throughput* rata-rata 2.6 Kbps, *delay* yang rendah yaitu 0,0425 detik, dan *packet loss zero* sesuai dengan standar ITU-T G.1010. Selain itu pengujian dilakukan untuk kedua sensor, dan didapatkan sensor inframerah E18-D80NK mendapatkan akurasi 100% dan sensor ultrasonik HCSR04 mendapatkan akurasi 99.93%.

Kata kunci— *Internet of Things*, ITU-T G1010, HC-SR04, E18-D80NK

I. PENDAHULUAN

Dalam era digital yang semakin berkembang, konsep *Internet of Things* (IoT) telah mengubah berbagai aspek kehidupan manusia. IoT memungkinkan perangkat fisik untuk terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet, menciptakan ekosistem yang saling terintegrasi dan memberikan kemudahan dalam berbagai aplikasi, termasuk manajemen parkir. Pada kondisi mencari lahan parkir, implementasi teknologi IoT dapat memberikan solusi yang lebih efisien dalam mengelola ketersediaan slot parkir, sehingga mengurangi waktu pencarian, memberikan informasi kepada pengguna secara *real-time*, dan meningkatkan pengalaman pengguna.

Saat ini, tantangan dalam pengelolaan parkir sering kali melibatkan kesulitan dalam memantau ketersediaan slot secara *real-time* dan akurat. Meskipun beberapa solusi parkir pintar telah diterapkan, masih terdapat keterbatasan dalam hal akurasi dan biaya implementasi, terutama pada area parkir *basement* yang memiliki kondisi lingkungan yang beragam.

Selain itu, banyak sistem yang ada tidak menawarkan fleksibilitas dalam pemilihan sensor dan mikrokontroler, sehingga kurang efisien dalam hal biaya dan daya tahan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem parkir pintar berbasis IoT di parkir *basement* gedung TULT. Sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi *real-time* tentang ketersediaan slot parkir dengan efisien, sekaligus memberikan fleksibilitas dalam implementasi di berbagai kondisi lingkungan parkir. Dengan penggunaan *Internet of Things* (IoT) diharapkan sistem ini dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan dapat beroperasi dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan. Hasil dari penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi parkir pintar yang lebih terjangkau dan efektif, sesuai dengan kebutuhan pengelolaan parkir *basement* gedung TULT.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, memungkinkan pertukaran data secara *real-time* di antara mereka. IoT memungkinkan otomatisasi, monitoring, dan kontrol jarak jauh pada berbagai aplikasi, termasuk dalam bidang industri, kesehatan, rumah pintar, dan transportasi. Dalam konteks manajemen parkir, IoT memainkan peran kunci dengan mengintegrasikan sensor dan mikrokontroler untuk memantau dan melaporkan status ketersediaan slot parkir secara *real-time*. Dengan demikian, pengguna dapat dengan mudah menemukan slot parkir yang tersedia melalui aplikasi atau perangkat lain yang terhubung ke sistem IoT.

B. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) mengacu pada kemampuan jaringan untuk memberikan layanan yang menjamin performa tertentu seperti kecepatan, latensi, dan reliabilitas. ITU-T G.1010 adalah rekomendasi standar dari International Telecommunication Union (ITU) yang menjelaskan kebutuhan QoS untuk berbagai jenis aplikasi multimedia, termasuk parameter seperti *delay*, *jitter*, dan *packet loss*[1]. Dalam sistem parkir berbasis IoT, QoS menjadi penting untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan oleh sensor

ke database diproses dan ditampilkan dengan cepat dan akurat, tanpa penundaan yang signifikan.

C. Mikrokontroler ESP8266

ESP8266 adalah mikrokontroler yang dilengkapi dengan modul Wi-Fi, yang menjadikannya pilihan terbaik untuk proyek IoT. Mikrokontroler ini mendukung komunikasi Wi-Fi, yang memungkinkan perangkat terhubung ke internet dan berkomunikasi dengan database atau perangkat lain dalam jaringan. ESP8266 memiliki berbagai fitur, termasuk GPIO (General Purpose Input Output) yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor atau modul lain. Dalam penelitian ini, ESP8266 digunakan sebagai otak dari alat pendeteksi slot parkir, mengolah data yang diterima dari sensor dan mengirimkannya ke *database* untuk analisis dan pengambilan keputusan[2].

D. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor jarak yang menggunakan gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak antara sensor dan objek di depannya. Sensor ini bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik dan mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang tersebut untuk kembali setelah memantul dari objek, sensor ini dapat membaca jarak dari 3 cm hingga 400 cm[3]. Dalam sistem parkir, HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan dalam slot parkir, mengirimkan data jarak ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut.

E. Sensor Inframerah E18-D80NK

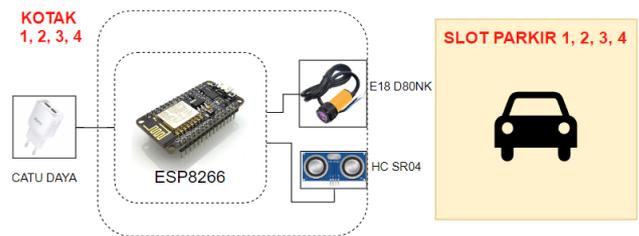
Sensor inframerah E18-D80NK adalah sensor jarak yang menggunakan sinar inframerah untuk mendeteksi objek dalam jangkauannya. Sensor ini bekerja dengan memancarkan sinar inframerah yang kemudian dipantulkan kembali oleh objek[4]. Waktu yang dibutuhkan oleh sinar inframerah untuk kembali digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dan objek. Sensor ini memiliki kelebihan dalam mendeteksi objek dengan cepat dan andal, terutama dalam jarak pendek hingga menengah. Dalam penelitian ini, E18-D80NK digunakan sebagai alternatif atau pelengkap sensor ultrasonik. Sebagai variabel kedua, sensor ini memberikan *double measurement* dalam mendeteksi keberadaan kendaraan di slot parkir, terutama dalam kondisi lingkungan yang berbeda.

III. METODE

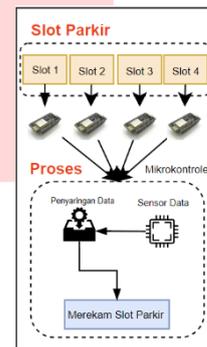
A. Desain Sistem

Pada desain sistem rancangan yang terpilih digunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai otak dari alat ini, dipasangkan 2 buah sensor yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor inframerah E18-D80NK, untuk daya dari ESP8266 bersumber langsung dari catu daya yang dihubungkan dengan kepala charger dengan spesifikasi 5v dan 2A, satu set ini diletakkan didalam box X6 dengan ukuran 18 cm panjang, 11 cm lebar dan 6 cm tinggi. Alat ini akan dipasang menempel pada dinding basement TULT setinggi 1 m. Pada penelitian ini akan dibuatkan alat sejumlah 4 buah untuk 4 lahan parkir, pemilihan 4 buah sensor ini ditujukan agar sistem dapat membaca dalam kondisi multi-slot pemilihan 4 buah lahan parkir juga akan membuat tampilan informasi lebih menarik dan mudah dipahami pada bagian tampilan pengguna. Mikrokontroler akan mengatur kedua sensor didalam kondisi apabila mendeteksi objek

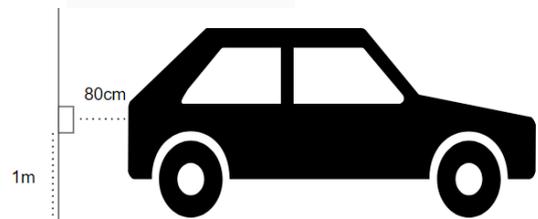
didalam jarak ≤ 80 cm slot akan terbaca terisi, pembatasan ini ditujukan agar sensor dapat bekerja secara optimal dan juga tidak terlalu sensitive apabila terdapat mobil yang hanya lewat saja didepannya.



GAMBAR 1.
DESAIN ALAT TERPILIH

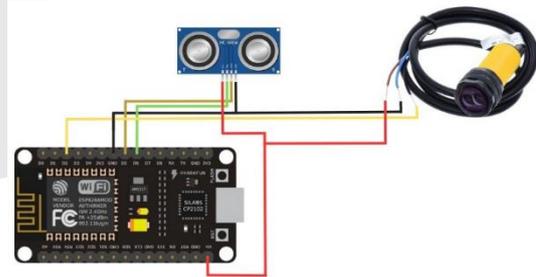


GAMBAR 2.
SISTEM DESAIN



GAMBAR 3.
PELETAKAN SENSOR

B. Desain Kabel



GAMBAR 4.
WIRING DESIGN

Gambar 4 menunjukkan desain kabel dari alat yang digunakan. Mikrokontroler ESP8266 dapat memberikan daya hingga 3.3V cukup untuk menjalankan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor inframerah E18-D80NK. Untuk sensor ultrasonik HC-SR04 pin trigger terhubung pada D6 dan pin echo terhubung pada D5, kedua pin D6 dan D5 merupakan pin GPIO (General Purpose Input Output) yang dapat

mengontrol dan membaca status sinyal digital dari sensor. Pada sensor inframerah E18-D80NK hanya terdapat 3 pin yaitu pin Vin, Ground, dan Digital, Pin Digital dari sensor ini terhubung ke pin D2 karena pin GPIO tersebut mendukung pembacaan sinyal digital yang dikirim oleh sensor, sehingga memungkinkan ESP8266 untuk mendeteksi adanya objek di depan sensor.

C. ITU-T G.1010

TABEL 1
PEDOMAN ITU-T G.1010

Medium	Application	Degree of symmetry	Typical data rates	Key performance parameters and target values			
				One-way delay	Delay variation	Information loss (Note 2)	Other
Audio	Conversational voice	Two-way	4-64 kbit/s	<150 ms preferred (Note 1) <400 ms limit (Note 1)	< 1 ms	< 3% packet loss ratio (PLR)	
Audio	Voice messaging	Primarily one-way	4-32 kbit/s	< 1 s for playback < 2 s for record	< 1 ms	< 3% PLR	
Audio	High quality streaming audio	Primarily one-way	16-128 kbit/s (Note 3)	< 10 s	<< 1 ms	< 1% PLR	
Video	Videophone	Two-way	16-384 kbit/s	< 150 ms preferred (Note 4) <400 ms limit		< 1% PLR	Lip-synch: < 80 ms
Video	One-way	One-way	16-384 kbit/s	< 10 s		< 1% PLR	

ITU-T G.1010 adalah sebuah rekomendasi dari International Telecommunication Union (ITU) yang memberikan pedoman untuk menilai kualitas pengalaman pengguna (Quality of Experience) dalam berbagai layanan komunikasi, seperti video, suara, dan data. Rekomendasi ini mencakup berbagai metrik kinerja, seperti latensi, jitter, dan packet loss, yang dapat memengaruhi persepsi pengguna terhadap kualitas layanan[1]. ITU-T G.1010 digunakan sebagai acuan untuk mengukur dan memastikan bahwa layanan komunikasi memenuhi standar kualitas yang diperlukan, dengan tujuan utama untuk meningkatkan kepuasan pengguna akhir dalam berbagai skenario jaringan dan aplikasi.

Pada ITU-T G.1010 terdapat 4 variabel QoS utama yaitu Throughput, Jitter, Delay, dan Packet Loss, namun pada penelitian ini hanya dilakukan 3 uji QoS yaitu througput, delay, dan packet loss. Jitter tidak diuji karena dinilai kurang cocok pada sistem IoT, pada sistem IoT alat hanya akan mengirimkan sinyal pada saat terjadi perubahan dan tidak mengirim data untuk setiap waktu, jadi jitter dinilai kurang cocok karena sistem tidak mengirimkan data secara terus menerus. Kemudian sistem kita

a. Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk melakukan perjalanan dari sumber ke tujuan dalam jaringan. Dalam konteks jaringan, terdapat beberapa jenis *delay*, termasuk *processing delay*, *queuing delay*, *transmission delay*, dan *propagation delay*[6]. Dalam analisis dengan Wireshark, *delay* yang diukur adalah *delay* RTT to ACK (Round-Trip Time to Acknowledgement), yang merupakan waktu yang diperlukan untuk paket data mencapai tujuan dan konfirmasi penerimaan kembali ke sumber[5]. Delay

RTT to ACK adalah indikator penting untuk menilai responsivitas sistem, di mana sistem *smart parking* memerlukan *delay* yang rendah untuk memberikan informasi *real-time* yang akurat.

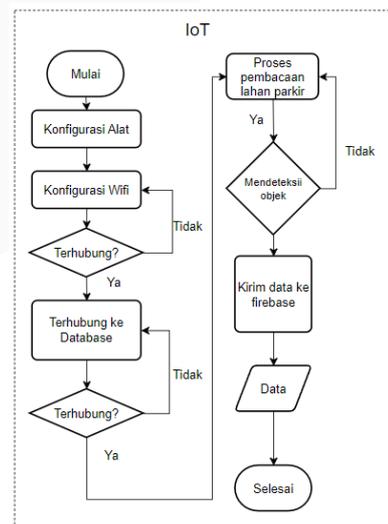
b. Throughput

Throughput adalah jumlah data yang berhasil ditransmisikan melalui jaringan dalam periode waktu tertentu dan biasanya diukur dalam bits per second (bps). Dalam Wireshark, *throughput* dapat dihitung dengan mengukur jumlah *byte* yang diterima per satuan waktu selama sesi komunikasi. Pada sistem IoT seperti *smart parking*, *throughput* cenderung lebih rendah dibandingkan sistem jaringan lainnya karena perangkat IoT tidak selalu mengirimkan data secara terus-menerus, melainkan hanya pada saat diperlukan atau saat terjadi perubahan status. Hal ini disebabkan oleh penggunaan model komunikasi satu arah, di mana data dikirimkan dari perangkat ke Firebase tanpa memerlukan tanggapan langsung, sehingga memastikan efisiensi dalam konsumsi daya dan *bandwidth*.

c. Packet Loss

Packet loss terjadi ketika satu atau lebih paket data yang dikirim melalui jaringan tidak mencapai tujuannya. Ini dapat terjadi karena berbagai alasan, termasuk kemacetan jaringan, kerusakan fisik pada jaringan, atau konfigurasi jaringan yang tidak tepat. Dalam Wireshark, *packet loss* dapat dihitung dengan menghitung jumlah paket yang hilang menggunakan analisis "tcp.analysis.lost_segment"[6]. Pada sistem, penggunaan "tcp.analysis.lost_segment" memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat kehilangan paket yang terjadi selama transmisi data dari sensor ke *database*[6]. Packet loss yang tinggi dapat mengganggu akurasi informasi yang diterima pengguna, sehingga penting untuk meminimalkannya.

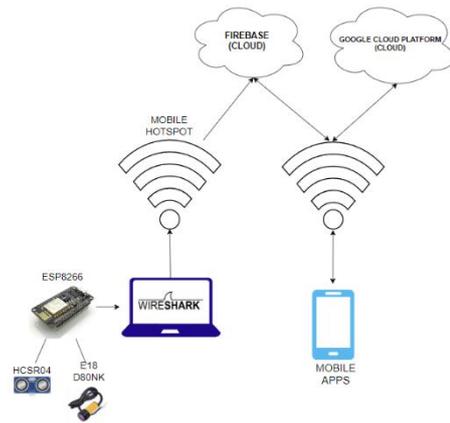
D. Diagram Alir



GAMBAR 5.
DIAGRAM ALIR ALAT

Diagram alir yang ditunjukkan Gambar 6 menunjukkan proses kerja sistem alat IoT untuk pembacaan lahan parkir. Proses dimulai dengan Wifi inisiasi sistem yang melibatkan

konfigurasi alat dan pengaturan Wi-Fi. Setelah konfigurasi selesai, sistem memeriksa konektivitas ke jaringan Wi-Fi. Jika tidak terhubung, sistem akan kembali mengonfigurasi Wi-Fi hingga berhasil terhubung. Setelah terhubung, sistem memverifikasi koneksi ke database. Jika koneksi gagal, proses konfigurasi Wi-Fi akan diulangi. Setelah koneksi ke database berhasil, sistem memulai proses pembacaan lahan parkir. Sistem akan mendeteksi apakah terdapat objek di lahan parkir. Jika objek terdeteksi, data hasil deteksi akan dikirimkan ke Firebase, di mana data tersebut akan disimpan dan diproses lebih lanjut. Setelah data berhasil dikirim, proses selesai. Jika tidak ada objek yang terdeteksi, sistem akan terus mengulang proses pembacaan lahan parkir hingga objek terdeteksi dan data berhasil dikirim. Setelah data masuk ke database, barulah data tadi dapat diproses atau digunakan oleh aplikasi mobile sebagai informasi lahan parkir.



GAMBAR 6.
TOPOLOGI PENGUJIAN QOS

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Quality of Services

TABEL 2
STANDAR ITU-T YANG SESUAI

Medium	Application	Degree of symmetry	Typical amount of data	Key performance parameters and target values		
				One-way delay (Note)	Delay variation	Information loss
Data	Web-browsing - HTML	Primarily one-way	~10 KB	Preferred < 2 s /page Acceptable < 4 s /page	N.A.	Zero

Pada tabel ITU-T G.1010 - *Performance targets for data application* karakteristik paket yang dikirimkan lebih cocok kategori *web-browsing* HTML dan *bulk data transfer* atau *retrieval*[1], transportasi data berbentuk *one way* karena pada alat hanya berjalan untuk mengirim data dan tidak dikode untuk mendapatkan respon dari Firebase, dan Firebase hanya bersifat membaca paket yang dikirimkan oleh alat, jadi pada kondisi tersebut *delay* kurang dari dua detik terutama sistem memerlukan pembaruan status dengan cepat.

Dalam rangka memenuhi persyaratan pengujian koneksi sesuai dengan standar ITU-T G1010, skema pengujian dilakukan dengan menggunakan laptop sebagai titik akses (*access point*) dan mengaktifkan koneksi hotspot dari perangkat ponsel. Pengujian ini dilakukan untuk menguji keandalan koneksi yang digunakan untuk mentransmisikan data dari sensor hingga ke Firebase.

Metode yang digunakan melibatkan penggunaan perangkat lunak Wireshark sebagai alat untuk menangkap dan memonitor lalu lintas data. Aplikasi Wireshark digunakan untuk membaca dan menganalisis paket data yang dikirim dan diterima antara laptop (*access point*) dan Firebase. Selama pengujian, perekaman data dilakukan selama 1 menit secara kontinyu.

a. Delay

Delay merupakan waktu tambahan yang terjadi dalam proses *transfer data* dari sensor ultrasonik dan inframerah ke platform Firebase melalui teknologi IoT pada sistem. Pengujian *delay* dilakukan dengan memonitor waktu yang diperlukan untuk data dari laptop (*access point*) sampai tiba di terkirim ke Firebase. Menggunakan Wireshark untuk merekam dan menganalisis paket data selama proses ini. Pada percobaan ini, laptop berperan sebagai *access point* yang menghubungkan alat, yaitu ESP8266 yang memiliki modul *wifi* agar dapat terkoneksi ke internet. Data yang dianalisis yaitu alamat TCP yang terkirim meliputi waktu yang diperlukan mulai dari sensor menghasilkan data, jumlah paket yang terkirim, paket dikirim (*byte*), kemudian data tersebut dikirimkan melalui jaringan *wifi* ke laptop, dan akhirnya diteruskan ke Firebase. Jenis *delay* yang terbaca pada Wireshark merupakan *delay RTT to ACK* dengan rumus:

$$\text{Delay RTT to ACK} = T_{ACK} - T_{SYN}$$

- TSYN adalah waktu ketika segmen SYN (*synchronize*) pertama kali dikirim dari pengirim.
- TACK adalah waktu ketika ACK (*acknowledgment*) terakhir diterima kembali oleh pengirim.

Delay RTT to ACK mengacu pada waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan sebuah segmen data TCP dari pengirim ke penerima dan mendapatkan ACK dari penerima kembali ke pengirim. Ini mengukur latensi total yang melibatkan perjalanan data dan pengembalian konfirmasi (ACK)[7]

TABEL 3
HASIL DATA PENGUJIAN DELAY

No	Delay RTT to ACK Average (s)	Delay preference (ITU-T G.1010) (s)	kesimpulan
1	0.036075702	< 2	Sesuai
2	0.032022051	< 2	Sesuai
3	0.045387577	< 2	Sesuai
4	0.050091694	< 2	Sesuai
5	0.040409507	< 2	Sesuai
6	0.048172381	< 2	Sesuai
7	0.038220635	< 2	Sesuai
8	0.046434229	< 2	Sesuai
9	0.038757247	< 2	Sesuai
10	0.051684646	< 2	Sesuai

Setelah dilakukan percobaan didapatkan hasil seperti pada tabel 1 rata-rata *delay* yang didapatkan pada 10 kali percobaan yaitu 0,0425 detik, dengan rentang *delay* antara 0,0320 detik hingga 0,0516 detik. Jika dibandingkan dengan *delay preference* ITU-T G.1010 pada bagian *web-browsing* HTML hasil ini sudah cocok dan baik yaitu <2 s[1]. *Delay* yang didapatkan ini cenderung stabil dan menunjukkan sedikit variasi, menandakan bahwa kondisi jaringan cukup konsisten.

b. Throughput

Throughput adalah jumlah data yang berhasil dikirim dari satu titik ke titik lain dalam suatu sistem dalam jangka waktu tertentu. Dalam konteks alat pendeteksi slot parkir, *throughput* mengacu pada kapasitas sistem untuk mentransmisikan data dari sensor ultrasonik dan inframerah ke Firebase secara efektif dan efisien.

$$Throughput = \frac{Packet\ Received\ (kb)}{Time\ transmitted\ (s)} \quad [8]$$

Pengujian *throughput* dilakukan dengan mengukur jumlah data yang berhasil dikirimkan dalam satu *unit time span*. Dalam pengukuran menggunakan Wireshark, *timespan* merujuk pada rentang waktu total selama sesi penangkapan data berlangsung. Ini mengacu pada waktu antara paket pertama yang ditangkap dan paket terakhir yang ditangkap dalam sesi tersebut. Metode pengambilan data menggunakan Wireshark untuk merekam lalu lintas data yang dikirimkan melalui jaringan *wifi* dari alat pembaca slot parkir ke laptop sebagai *access point*, dan selanjutnya dari laptop ke Firebase. *Time Span* merupakan satuan waktu untuk menghitung dari satu titik ke titik lainnya dalam *data capture* yang dianalisis.

Data terkirim merupakan jumlah total *byte* data yang terkirim dalam suatu *capture*.

TABEL 4
HASIL DATA PENGUJIAN THROUGHPUT

No	Time Span (s)	Data Terkirim (byte)	Troughput (Bps)
1	56.742	247328	4358.82
2	60.474	88982	1471.41
3	62.417	74526	1194.00
4	61.18	50814	830.57
5	58.434	22927	392.36
6	61.036	161833	2651.44
7	57.131	49314	863.17
8	59.549	130690	2194.66
9	62.465	41612	666.17
10	59.989	145460	2424.78
11	59.754	46226	773.61
12	59.888	76763	1281.78
13	60.022	65169	1085.75
14	62.114	60917	980.73
15	65.638	506712	7719.80
16	58.237	341507	5864.09
17	64.013	13207	206.32
18	59.564	83863	1407.95
19	62.625	72136	1151.87
20	62.438	61458	984.30
21	62.846	63973	1017.93
22	59.725	43754	732.59
23	63.205	435037	6882.95
24	59.391	94133	1584.97
25	58.66	84249	1436.23
26	61.213	46337	756.98
27	63.639	84523	1328.16
28	57.225	148119	2588.36
29	62.976	1511679	24004.05
30	61.248	91377	1491.92
Rata - Rata		164820	2677.59

Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil bahwa semua percobaan menunjukkan hasil jumlah data terkirim rata-rata 164820 *byte* atau 164 KB dan *throughput* rata-rata yaitu 2677.59 bps atau 2.6 Kbps yang sudah berada di bawah preferensi data terkirim yang ditetapkan oleh ITU-T *Performance targets for data application*, yaitu hingga 10 MB pada data jumlah data terkirim[1]. Hal ini menunjukkan bahwa sistem atau alat yang diuji mampu memenuhi atau bahkan melampaui ekspektasi kinerja terkait dengan jumlah data terkirim.

c. Packet Loss

Packet loss adalah kondisi di mana paket-paket data yang dikirim melalui jaringan tidak sampai ke tujuan secara sempurna atau hilang selama proses transmisi. Dalam konteks alat pendeteksi slot parkir untuk mentransmisikan data dari sensor ultrasonik dan inframerah ke Firebase, packet

loss bisa terjadi akibat gangguan atau kelemahan dalam jaringan wifi atau koneksi internet.

Pengujian packet loss dilakukan dengan mengirimkan serangkaian paket data dari alat melalui jaringan wifi dan mencatat berapa persen paket data yang hilang atau tidak berhasil sampai ke Firebase. Metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat monitoring jaringan seperti Wireshark, yang memungkinkan untuk memantau setiap paket data yang dikirimkan dan menerima respon dari Firebase. Cara mencari packet loss pada Wireshark adalah dengan menggunakan filter “tcp.analysis.lost segment” untuk menemukan paket yang hilang, Wireshark dapat memberikan tanda (flag) untuk paket yang hilang ataupun tidak berurutan[5]

$$packet\ loss = \frac{(Paket\ data\ dikirim - paket\ data\ diterima)}{paket\ data\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad [8]$$

TABEL 5
HASIL DATA PENGUJIAN PACKET LOSS

No	Packet Loss (%)	Packet Loss References (ITU-T G.1010)	Kesimpulan
1	0.00	zero	Sesuai
2	0.00	zero	Sesuai
3	0.00	zero	Sesuai
4	0.00	zero	Sesuai
5	0.00	zero	Sesuai
6	0.00	zero	Sesuai
7	0.00	zero	Sesuai
8	0.00	zero	Sesuai
9	0.00	zero	Sesuai
10	0.00	zero	Sesuai
11	0.00	zero	Sesuai
12	0.00	zero	Sesuai
13	0.00	zero	Sesuai
14	0.00	zero	Sesuai
15	0.00	zero	Sesuai
16	0.00	zero	Sesuai
17	0.00	zero	Sesuai
18	0.00	zero	Sesuai
19	0.00	zero	Sesuai
20	0.00	zero	Sesuai
21	0.00	zero	Sesuai
22	0.00	zero	Sesuai
23	0.00	zero	Sesuai
24	0.00	zero	Sesuai
25	0.00	zero	Sesuai
26	0.00	zero	Sesuai
27	0.00	zero	Sesuai
28	0.00	zero	Sesuai
29	0.00	zero	Sesuai
30	0.00	zero	Sesuai

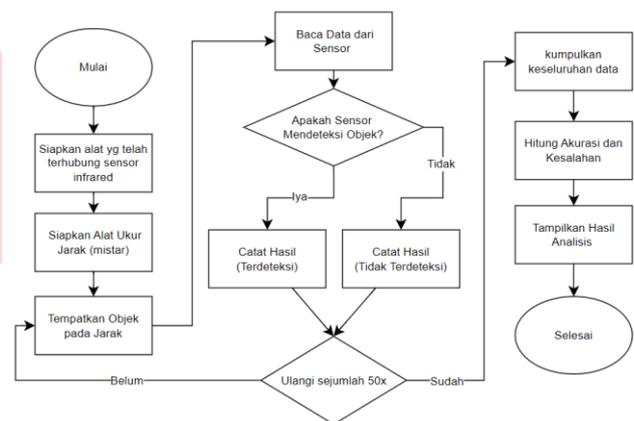
Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil bahwa semua percobaan menunjukkan hasil *packet loss* yaitu 0.00% yang sesuai dengan preferensi *packet loss* yang ditetapkan oleh ITU-T *Performance targets for data*

application, yaitu *zero*[1]. Hal ini menunjukkan bahwa sistem atau alat yang diuji mampu memenuhi kinerja terkait dengan paket yang terkirim.

B. Pengujian Sensor

a. Sensor Inframerah E18-D80NK

Sensor E18-D80NK atau sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi kendaraan dalam lahan parkir dengan jangkauan yang sudah ditentukan yaitu 80 cm. Data dari sensor inframerah nantinya akan dikirimkan ke *database* dengan variabel *boolean* yaitu bernilai *True* atau *False*, jika *True* maka objek terdeteksi dan jika *False* maka objek tidak terdeteksi.



GAMBAR 7
FLOWCHART PENGUJIAN SENSOR E18-D80NK

Pengujian sensor inframerah dilakukan dengan mengatur jarak objek terlebih dahulu. Objek ditempatkan pada jarak ≤ 80 cm untuk memastikan bahwa sensor hanya mendeteksi slot yang terisi ketika ada mobil atau benda dalam jarak tersebut. Dengan pengaturan ini, sensor tidak akan mendeteksi slot jika ada mobil yang hanya lewat di depan tempat parkir. setelah objek diletakkan hasil inframerah akan dibandingkan dengan kondisi nyata.

TABEL 6
HASIL DATA PENGUJIAN SENSOR E18-D80NK

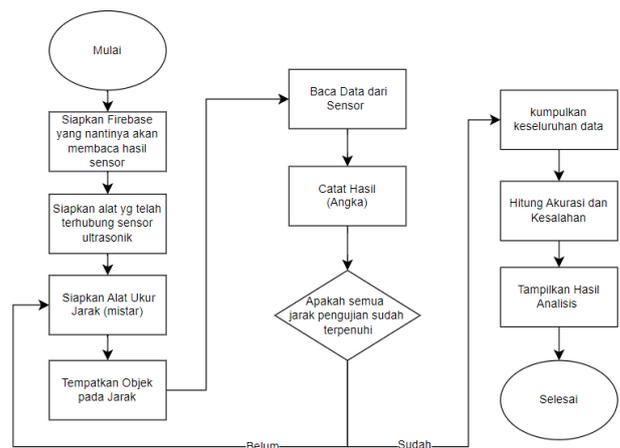
No	Indikator Aplikasi dan LCD)	Indikator Mistar (cm)	Terbaca oleh E18-D80nk (Boolean)	Sesuai	akurasi
1	Terisi	49	1 (TRUE)	Benar	100%
2	Terisi	48	1 (TRUE)	Benar	100%
3	Terisi	44	1 (TRUE)	Benar	100%
4	Terisi	12	1 (TRUE)	Benar	100%
5	Terisi	34	1 (TRUE)	Benar	100%
6	Terisi	19	1 (TRUE)	Benar	100%
7	Terisi	36	1 (TRUE)	Benar	100%
8	Terisi	17	1 (TRUE)	Benar	100%
9	Terisi	14	1 (TRUE)	Benar	100%
10	Kosong	100	0 (FALSE)	Benar	100%
11	Terisi	42	1 (TRUE)	Benar	100%

12	Terisi	41	1 (TRUE)	Benar	100%
13	Terisi	47	1 (TRUE)	Benar	100%
14	Terisi	32	1 (TRUE)	Benar	100%
15	Terisi	33	1 (TRUE)	Benar	100%
16	Kosong	99	0 (FALSE)	Benar	100%
17	Kosong	100	0 (FALSE)	Benar	100%
18	Terisi	33	1 (TRUE)	Benar	100%
19	Terisi	41	1 (TRUE)	Benar	100%
20	Terisi	25	1 (TRUE)	Benar	100%
21	Terisi	22	1 (TRUE)	Benar	100%
22	Terisi	11	1 (TRUE)	Benar	100%
23	Terisi	31	1 (TRUE)	Benar	100%
24	Terisi	18	1 (TRUE)	Benar	100%
25	Terisi	20	1 (TRUE)	Benar	100%
26	Terisi	26	1 (TRUE)	Benar	100%
27	Kosong	95	0 (FALSE)	Benar	100%
28	Kosong	105	0 (FALSE)	Benar	100%
29	Terisi	34	1 (TRUE)	Benar	100%
30	Terisi	5	1 (TRUE)	Benar	100%
31	Terisi	9	1 (TRUE)	Benar	100%
32	Terisi	42	1 (TRUE)	Benar	100%
33	Terisi	10	1 (TRUE)	Benar	100%
34	Terisi	6	1 (TRUE)	Benar	100%
35	Terisi	18	1 (TRUE)	Benar	100%
36	Kosong	88	0 (FALSE)	Benar	100%
37	Terisi	47	1 (TRUE)	Benar	100%
38	Terisi	42	1 (TRUE)	Benar	100%
39	Terisi	30	1 (TRUE)	Benar	100%
40	Terisi	26	1 (TRUE)	Benar	100%
41	Terisi	29	1 (TRUE)	Benar	100%
42	Terisi	39	1 (TRUE)	Benar	100%
43	Terisi	50	1 (TRUE)	Benar	100%
44	Terisi	8	1 (TRUE)	Benar	100%
45	Terisi	7	1 (TRUE)	Benar	100%
46	Kosong	91	0 (FALSE)	Benar	100%
47	Kosong	85	0 (FALSE)	Benar	100%
48	Terisi	28	1 (TRUE)	Benar	100%
49	Kosong	99	1 (TRUE)	Benar	100%
50	Terisi	32	1 (TRUE)	Benar	100%
Akurasi					100%

Dalam 50x percobaan didapatkan hasil bahwa alat telah berjalan dengan baik dan dapat membaca jarak dengan baik dan memiliki akurasi 100% hal ini tak luput juga dari pengaruh kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya, Hal ini menunjukkan bahwa alat yang diuji mampu memenuhi ekspektasi kinerja terkait dengan pembacaan slot terisi dan tidak.

b. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor HC-SR04 atau sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak ke kendaraan dalam lahan parkir dengan jangkauan yang sudah ditentukan yaitu 80 cm. Data dari sensor ultrasonik nantinya akan dikirimkan ke *database* dengan variabel integer yaitu bernilai angka.



GAMBAR 8 FLOWCHART PENGUJIAN SENSOR HC-SR04

Pengujian akurasi sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil dari deteksi objek yang telah ditentukan jaraknya dengan mistar. Hasil perbandingan tersebut dijadikan acuan untuk keakuratan sensor.

TABEL 7 HASIL DATA PENGUJIAN SENSOR HC-SR04

No	Data Asli Mistar (cm)	Data uji terbaca oleh hc-sr04 (cm)	Akurasi (%)
1	4	4	100%
2	5	5	100%
3	6	6	100%
4	9	9	100%
5	11	11	100%
6	12	12	100%
7	13	13	100%
8	15	15	100%
9	16	16	100%
10	17	17	100%
11	19	19	100%
12	23	23	100%
13	25	25	100%
14	25	25	100%
15	26	26	100%
16	28	28	100%
17	28	28	100%
18	31	31	100%
19	32	32	100%

20	34	34	100%
21	34	34	100%
22	35	35	100%
23	36	36	100%
24	40	40	100%
25	42	42	100%
26	43	43	100%
27	43	43	100%
28	47	47	100%
29	48	48	100%
30	49	49	100%
31	49	49	100%
32	51	51	100%
33	54	54	100%
34	54	54	100%
35	57	57	100%
36	59	59	100%
37	62	62	100%
38	66	66	100%
39	70	70	100%
40	71	71	100%
41	73	73	100%
42	76	75	98.68%
43	80	80	100%
44	83	83	100%
45	86	86	100%
46	87	87	100%
47	89	89	100%
48	90	89	98.90%
49	90	89	98.88%
50	94	94	100%
Rata-Rata			99.93%

Dalam 50x percobaan didapatkan hasil bahwa alat telah berjalan dengan baik dan dapat membaca jarak dengan baik dan memiliki akurasi 99.93% hal ini tak luput juga dari pengaruh kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa alat yang diuji mampu memenuhi ekspektasi kinerja terkait dengan pembacaan jarak untuk syarat slot terisi.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem IoT yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan utama, yaitu menyediakan solusi yang efisien untuk pemantauan dan pengelolaan lahan parkir di basement TULT. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP8266 dan kombinasi sensor ultrasonik HC-SR04 serta sensor inframerah E18-D80NK, sistem ini mampu mendeteksi secara akurat keberadaan kendaraan di setiap slot parkir dan mengirimkan data secara real-time ke database Firebase. Hasil pengujian QoS mendapatkan nilai delay sebesar 0,0425 detik, *throughput* rata-rata yaitu 2677.59 bps atau 2.6 Kbps, *packet loss* yaitu 0.00% . Nilai ini telah sesuai dengan preferensi yang ditetapkan oleh ITU-T *Performance targets for data application*[18]. Selain itu hasil pengujian alat menunjukkan nilai yang baik seperti pada sensor inframerah

yang mendapatkan akurasi 100%, dan sensor ultrasonik 99.93%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan stabil pada berbagai kondisi waktu, membuktikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik di bawah tekanan jaringan yang berbeda. Penerapan sistem ini tidak hanya berhasil mengotomatisasi proses monitoring parkir tetapi juga memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mendapatkan informasi mengenai ketersediaan slot parkir melalui antarmuka yang mudah dipahami. Secara keseluruhan, penelitian ini memperlihatkan potensi besar dari integrasi teknologi IoT dalam manajemen fasilitas umum, dan membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam peningkatan efisiensi dan fungsionalitas sistem.

REFERENSI

- [1] TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, "ITU-T End-user multimedia QoS categories," 2001.
- [2] "ESP8266EX Datasheet." Diakses: 1 Agustus 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
- [3] "Ultrasonic Ranging Module HC-SR04." [Daring]. Tersedia pada: www.ElecFreaks.com
- [4] ETT, "Manual of IR Sensor Switch E18-D80NK-N," 2014. Diakses: 28 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.ett.co.th/productSensor/E18-D80NK/Manual_IR-Sensor%20Switch%20E18.pdf
- [5] A. S. J. Charles dan P. Kalavathi, "QoS Measurement of RPL using Cooja Simulator and Wireshark Network Analyser," *Article in International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/325593751>
- [6] G. Jain dan Anubha, "Application of SNORT and Wireshark in Network Traffic Analysis," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1119, no. 1, hlm. 012007, Mar 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1119/1/012007.
- [7] F. Saputra Utama dan I. Kanedi, "Analisis Qos (Quality Of Services) Jaringan Internet Berbasis Wireless Telkom Indihome Pada Kantor Walikota Bengkulu," 2695. [Daring]. Tersedia pada: <https://w.lapor.go.id/instansi/pemerintah-kota->
- [8] M. N. Hamidah, R. Febrifyaning Tias, dan R. F. Zainal, "Quality of Service (QoS) Analysis using Wireshark on the LAN Network at An Najiyah High School Surabaya," vol. 12, no. 4, hlm. 222–228, 2024, [Daring]. Tersedia pada: www.ejournal.isha.or.id/index.php/Mandiri