

Perancangan Dan Analisis Waitress Calling System Menggunakan NodeMCU ESP32 Berbasis Wireless Sensor Network

1st Risky David Kasyanto

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Purwokerto, Indonesia

riskydavidkasyanto@student.telkomuni-
versity.ac.id

2nd Fikra Titan Syifa, S.T., M.Eng.

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Purwokerto, Indonesia

fikras@telkomuniversity.ac.id

3rd Slamet Indriyanto, S.T., M.T.

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Purwokerto, Indonesia

slamet@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Industri makanan dan minuman merupakan sektor strategis dengan prospek pertumbuhan tinggi, namun restoran sering menghadapi tantangan dalam memberikan layanan yang cepat dan responsif, terutama saat jam sibuk. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem pemanggilan pelayan berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32 menggunakan protokol komunikasi MQTT. Sistem terdiri atas tiga tombol utama (Call, Bill, dan Reset) yang mengirimkan data dalam format JSON ke broker MQTT berbasis cloud. Informasi kemudian ditampilkan secara real-time melalui layar OLED, aplikasi Blynk, dan dashboard Node-RED. Pengujian dilakukan dalam dua skenario: Line of Sight (LOS) dan Non-Line of Sight (NLOS), untuk mengevaluasi performa jaringan berdasarkan parameter Quality of Service (QoS). Hasil menunjukkan nilai rata-rata throughput sebesar 1254,44 bit/s (LOS) dan 723,54 bit/s (NLOS), dengan latensi masing-masing 993,55 ms dan 848,1 ms, serta jitter 6,39 ms dan 180,86 ms. Tingkat kehilangan paket tercatat 20,65% (LOS) dan 54,85% (NLOS). Dari hasil tersebut, sistem terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi layanan, mengurangi waktu tunggu pelanggan, serta mendukung transformasi digital melalui teknologi Internet of Things (IoT).

Kata kunci— Waitress Calling System, Wireless Sensor Network, Internet of Things, NodeMCU ESP32, Quality of Service, MQTT

I. PENDAHULUAN

Minat investor terhadap industri makanan dan minuman di Indonesia terus meningkat, seiring dengan pertumbuhan sektor ini yang pesat. Berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian, sektor makanan dan minuman menyumbang 6,66% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional pada triwulan kedua tahun 2021. GAPMMI juga memproyeksikan pertumbuhan industri ini mencapai 7% pada akhir 2021 [1].

Restoran dan kafe menjadi sektor bisnis yang menjanjikan, terutama pada jam makan siang, makan malam, atau akhir pekan. Namun, ketika restoran ramai, pelayan sering mengalami kesulitan memberikan layanan secara optimal, dan pelanggan dapat merasa diabaikan karena harus melambatkan tangan untuk memanggil pelayan [2] [3].

Untuk mengatasi masalah tersebut, sistem pemanggilan pelayan berbasis teknologi nirkabel mulai banyak

dikembangkan. Sistem ini memungkinkan pelanggan memanggil pelayan hanya dengan menekan tombol, sehingga lebih efisien dan tidak mengganggu kenyamanan suasana restoran.

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam pengembangan sistem ini. Rizqullah dkk. mengembangkan sistem Low Cost Low Energy Waiter Calling System menggunakan mikrokontroler ESP32 dan ESP8266 dengan protokol ESP-NOW serta tampilan OLED SSD1306 [4]. Sementara itu, Iskandar dkk. mengusulkan sistem monitoring status meja restoran berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266, protokol MQTT, dan dashboard Node-RED [3].

Namun, sistem-sistem tersebut masih memiliki keterbatasan seperti komunikasi satu arah, belum adanya analisis performa jaringan berdasarkan Quality of Service (QoS), serta kurangnya pengujian dalam kondisi ruang berbeda (terbuka dan tertutup).

Berdasarkan hal tersebut, penulis mengusulkan rancangan sistem berjudul “**Desain dan Analisis Sistem Panggilan Pelayan Menggunakan NodeMCU ESP32 Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel.**” Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, protokol MQTT, serta integrasi dengan Blynk dan OLED untuk menampilkan informasi secara real-time. Sistem ini memungkinkan komunikasi dua arah antara pelanggan dan pelayan, serta mendukung pemantauan melalui perangkat seluler dan dashboard komputer. Dengan demikian, pelayanan menjadi lebih responsif dan efisien, tanpa memerlukan tambahan staf, serta mampu meningkatkan kepuasan pelanggan secara keseluruhan.

II. KAJIAN TEORI

A. Waiter/Waitress

Menurut Marsum dan Siti, waiter atau waitress adalah individu yang bertugas menyajikan makanan dan minuman kepada pelanggan di restoran atau bar. Secara lebih luas, profesi ini mencakup penyiapan meja untuk tamu berikutnya, pencatatan dan pengantaran pesanan, menjaga kebersihan area restoran, serta menciptakan suasana yang menyenangkan bagi tamu.

Istilah waiter umumnya digunakan untuk pelayan pria, sedangkan waitress untuk pelayan wanita. Dalam praktik profesional, waiter pemula disebut commis de rang, sedangkan yang lebih senior disebut demi chef de rang. Di sektor lain seperti maskapai penerbangan atau kapal pesiar, istilah steward dan stewardess digunakan.

Profesi waiter/waitress hadir di berbagai unit layanan makanan dan minuman seperti restoran, kafe, layanan kamar, bar, hingga banquet, dan memiliki peran penting dalam memberikan pelayanan langsung yang berkualitas tinggi kepada pelanggan [5].

B. Wireless Sensor Network

Jaringan Sensor Nirkabel (Wireless Sensor Network) adalah kumpulan sensor kecil yang saling terhubung tanpa kabel untuk memantau dan mengumpulkan data lingkungan, seperti suhu, kelembapan, cahaya, atau gerakan. Setiap node umumnya terdiri dari sensor, unit pemrosesan (CPU), dan modul komunikasi nirkabel (radio) untuk mentransmisikan data ke perangkat lain atau pusat data (sink).

WSN mampu membentuk jaringan ad-hoc yang adaptif dan menggunakan gelombang radio sebagai media komunikasi. Teknologi ini efisien, hemat energi, dan cocok untuk pemantauan real-time, sehingga banyak digunakan di bidang pertanian, industri, militer, kesehatan, dan sistem Internet of Things (IoT) [6].

C. WiFi

Wi-Fi adalah teknologi jaringan nirkabel yang memungkinkan perangkat seperti smartphone, komputer, dan IoT terhubung ke internet tanpa kabel. Beroperasi berdasarkan standar IEEE 802.11, teknologi ini dikenalkan pada tahun 1999 dan umumnya memiliki jangkauan hingga 30 meter. Wi-Fi dapat bekerja dalam mode ad-hoc (antar perangkat) atau infrastruktur (melalui Access Point). Karena instalasinya yang mudah dan fleksibel, Wi-Fi banyak digunakan di tempat umum seperti kafe, bandara, dan rumah [7] [8].

D. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler generasi penerus ESP8266 yang dirancang untuk pengembangan perangkat IoT. Papan ini memiliki konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, jumlah GPIO yang banyak, serta dibangun menggunakan teknologi TSMC 40nm yang hemat daya. Dengan desain sistem-on-chip (SoC), ESP32 menawarkan efisiensi tinggi, fleksibilitas, dan keandalan untuk berbagai aplikasi IoT [9].

ESP32 dikembangkan oleh Espressif Systems dan diproduksi dengan dukungan teknologi TSMC. Mikrokontroler ini kompatibel dengan Arduino IDE serta dilengkapi modul Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE), sehingga menjadi solusi ideal untuk berbagai aplikasi Internet of Things (IoT) [10].

E. MQTT

MQTT adalah protokol komunikasi ringan berbasis metode publish/subscribe yang dioptimalkan untuk perangkat dengan sumber daya terbatas dan jaringan berbandwidth rendah. Melalui broker, MQTT memungkinkan pertukaran data secara efisien dan real time, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi Internet of Things (IoT). Protokol ini

telah distandardisasi secara internasional oleh ISO/IEC 20922 [11].

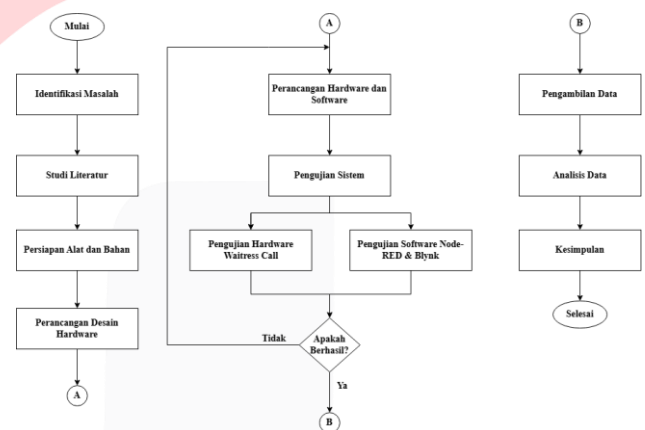
F. Quality of Service

Quality of Service (QoS) adalah indikator performa jaringan yang merepresentasikan sejauh mana parameter layanan seperti bandwidth, throughput, kehilangan paket, latensi, dan jitter terpenuhi. Dengan mengatur dan mengawasi lalu lintas data secara efisien, QoS membantu memastikan bahwa layanan jaringan berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna, serta menjaga komunikasi tetap andal, efisien, dan stabil [12].

III. METODE

A. Flowchart Alur Penelitian

Untuk memastikan bahwa proses perancangan berjalan sesuai dengan prosedur standar penulis, diperlukan tahapan alur penelitian. Penelitian dilakukan dalam serangkaian fase, termasuk persiapan alur penelitian. Diagram alir ini, yang merupakan representasi visual dari proses penelitian, diilustrasikan dalam gambar di bawah ini.



GAMBAR 1
FLOWCHART PENELITIAN

Gambar 1 menggambarkan alur penelitian yang diawali dengan identifikasi kebutuhan sistem pemanggil pelayan berbasis IoT. Setelah perumusan masalah, dilakukan studi literatur untuk memperoleh landasan teori yang sesuai. Tahap berikutnya mencakup persiapan alat, perancangan perangkat keras menggunakan SketchUp 2024, serta penyusunan rangkaian elektronik transmitter dan receiver melalui Fritzing.

Perakitan dilakukan berdasarkan desain tersebut, lalu diprogram menggunakan Arduino IDE untuk ESP32. Sistem antarmuka dikembangkan melalui Node-RED untuk versi web dan Blynk untuk versi mobile, dengan komunikasi data menggunakan protokol MQTT pada server AWS EC2. Setelah sistem selesai dirakit, dilakukan uji fungsi untuk memastikan komunikasi real-time dan tampilan antarmuka berjalan baik. Jika ditemukan kendala, dilakukan perbaikan hingga sistem optimal. Tahap akhir berupa pengambilan dan analisis data guna mengevaluasi performa serta memberikan dasar rekomendasi pengembangan lanjutan.

B. Perancangan Desain Prototipe

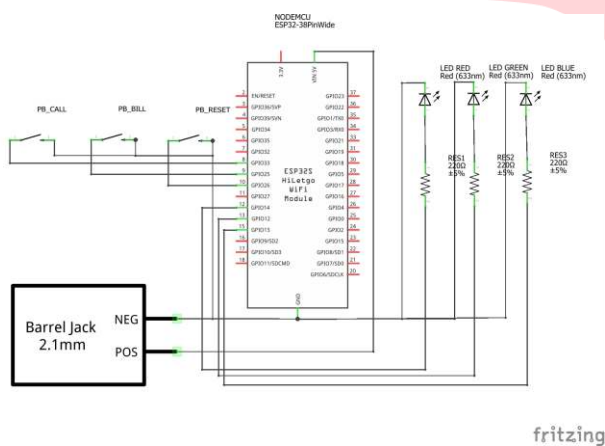
Prototipe dirancang untuk memvisualisasikan sistem panggilan pelayan dalam kondisi nyata sebelum diterapkan.

Bentuk node pengirim dan penerima disesuaikan dengan kebutuhan fungsi dan lingkungan restoran.



GAMBAR 2
DESAIN PROTOTIPE PENGIRIM

Perangkat ini dirancang untuk mendukung komunikasi nirkabel antara pelanggan dan pelayan. Desain pada Gambar 2 menggunakan kotak X3 yang dilengkapi nomor meja yang direkatkan secara kuat. Kotak tersebut memiliki bukaan untuk pemasangan LED RGB, tombol on/off, dan tombol input. Skema rangkaian perangkat pengirim ditampilkan pada bagian berikut.



GAMBAR 3
SKEMATIK RANGKAIAN NODE TRANSMITTER

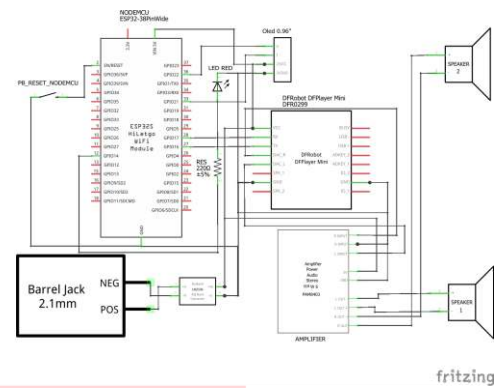
Rangkaian ini menggambarkan koneksi antar komponen pada node pengirim yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Setelah tahap ini selesai, perangkat node penerima dirancang untuk menampilkan status panggilan dari setiap meja pelanggan.



GAMBAR 4
Desain Prototipe Penerima

Perangkat yang dijelaskan berfungsi sebagai unit penerima untuk membantu pelayan atau kasir memantau status meja dan memberikan notifikasi. Desain pada Gambar 3 menunjukkan kotak X5 yang dimodifikasi untuk menampung komponen seperti layar OLED 0,96", tombol hard reset, LED indikator Wi-Fi, serta speaker mini 0,5 Watt 8 Ohm sebagai keluaran suara. Antena duck digunakan untuk

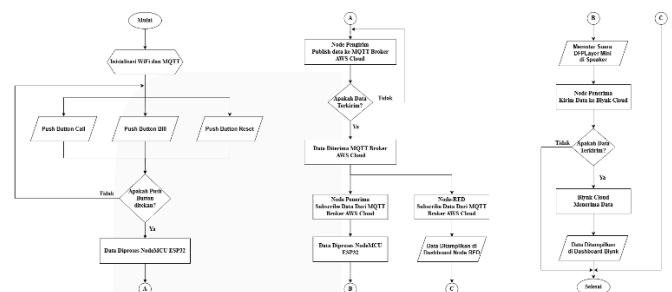
memperkuat sinyal nirkabel. Prototipe ini ditempatkan di area kasir atau meja pelayan, dan diagram rangkaiannya akan dijelaskan pada bagian berikutnya.



GAMBAR 5
SKEMATIK RANGKAIAN NODE RECEIVER

C. Flowchart System

Untuk memahami sistem pemanggilan pelayan berbasis IoT secara utuh, diperlukan pemodelan visual melalui diagram alir. Gambar berikut menyajikan alur kerja sistem secara lengkap.



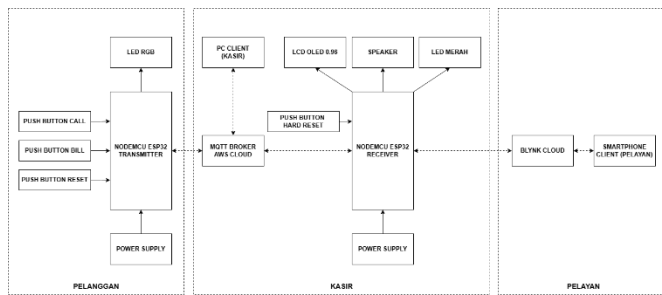
GAMBAR 6
FLOWCHART SYSTEM

Gambar 6 menggambarkan alur kerja sistem yang dimulai dari koneksi WiFi dan MQTT. Setelah koneksi berhasil, ESP32 pengirim memantau tombol Call, Bill, dan Reset. Saat tombol ditekan, data JSON dikirim ke broker MQTT dan didistribusikan ke perangkat penerima serta platform pemantauan.

ESP32 penerima menampilkan status melalui layar OLED dan suara dari DFPlayer Mini, serta mengirimkannya ke aplikasi Blynk. Data juga diteruskan ke dashboard Node-RED agar dapat dipantau oleh kasir secara langsung.

D. Blok Diagram

Komponen-komponen dalam diagram blok diberi fungsi operasionalnya masing-masing, dan berfungsi sebagai dasar desain sistem.



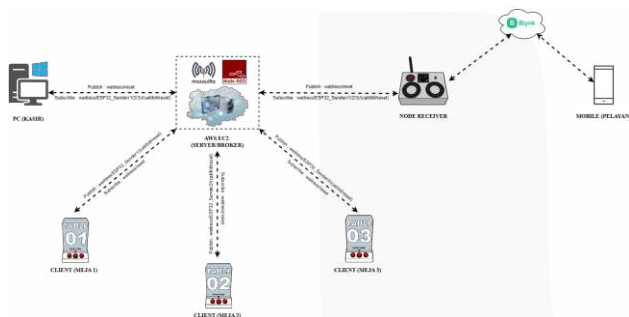
GAMBAR 7
BLOK DIAGRAM SISTEM

Gambar 7 menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem pemanggilan pelayan. Node pengirim menggunakan ESP32 yang terhubung dengan tombol Call, Bill, dan Reset, serta mengirimkan data ke broker MQTT dalam format JSON saat tombol ditekan. LED RGB menyala sebagai umpan balik.

Node penerima membaca data dari topik MQTT, lalu menampilkan status pada OLED, memberikan notifikasi suara lewat DFPlayer Mini, dan menyalakan LED indikator. Sistem juga terhubung ke Blynk Cloud untuk memantau status secara real-time dari ponsel atau komputer.

E. Topologi Arsitektur Waitress Calling System

Topologi arsitektur sistem kontak pelayan yang dikembangkan penulis adalah sebagai berikut:



GAMBAR 8
TOPOLOGI ARSITEKTUR WAITRESS CALLING SYSTEM

Sistem pemanggilan pelayan ini menerapkan arsitektur Internet of Things (IoT) dengan topologi star, di mana komunikasi antar perangkat terpusat melalui broker MQTT berbasis cloud (Mosquitto). Tiga node pengirim ditempatkan di meja pelanggan, masing-masing dilengkapi tombol Call, Bill, dan Reset. Saat tombol ditekan, data dikirim dalam format JSON ke broker melalui koneksi Wi-Fi.

Node penerima yang berlangganan topik terkait akan menampilkan status di layar OLED dan memutar suara notifikasi sesuai jenis permintaan. Sistem juga terintegrasi dengan aplikasi Blynk, yang memungkinkan pelayan memantau status dan mengirim perintah reset secara jarak jauh melalui ponsel. Topologi ini mendukung komunikasi real-time dan fleksibilitas pengembangan lebih lanjut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Berikut ini merupakan hasil dari perancangan fisik perangkat node pengirim yang telah direalisasikan. Perangkat ini dirancang sedemikian rupa agar dapat digunakan oleh

pelanggan untuk memanggil pelayan melalui penekanan salah satu dari tiga tombol yang disediakan.



GAMBAR 9
HARDWARE NODE TRANSMITTER TAMPAK ATAS

Pada Gambar 9 ditampilkan bagian atas perangkat pengirim, yang terdiri dari tiga tombol utama: call, bill, dan reset. Setiap tombol dilengkapi dengan LED sebagai indikator visual saat tombol ditekan atau sedang aktif.



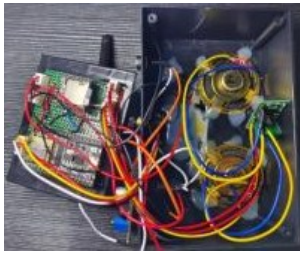
GAMBAR 10
Hardware Node Transmitter Tampak Dalam

Gambar 10 menampilkan tampilan internal node pengirim, yang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Perangkat ini dilengkapi tombol input, LED indikator, dan koneksi WiFi untuk mengirim data JSON ke broker MQTT. Data mencakup ID, jenis permintaan, status, RSSI, dan timestamp. Node ini dirancang untuk memberikan pembaruan status konsumen secara real time ke node penerima.



GAMBAR 11
HARDWARE NODE RECEIVER TAMPAK ATAS

Perangkat keras penerima digambarkan pada Gambar 11. Status permintaan setiap tabel ditampilkan secara real time pada layar OLED 0,96 inci di bagian ini. Sebaliknya, petugas dapat mengkalibrasi ulang sistem penerima secara manual dengan menekan tombol reset jika terjadi malfungsi pada layar OLED. Fungsi ini tidak digunakan untuk mereset status setiap perangkat pengirim.



GAMBAR 12
HARDWARE NODE RECEIVER TAMPAK DALAM

Gambar 12 menunjukkan bagian dalam perangkat penerima yang berisi komponen utama seperti ESP32 sebagai pusat kendali, papan ekstensi berbasis PCB dua sisi, layar OLED 0,96 inci, DFPlayer Mini untuk notifikasi suara, serta modul penguat suara PAM8403. Sistem juga dilengkapi dengan LED indikator, tombol reset manual, dan modul step-down LM2596 untuk suplai daya. Seluruh komponen bekerja terintegrasi untuk menampilkan dan merespons permintaan secara real time.

B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Penelitian ini menggunakan bahasa C++ di Arduino IDE untuk memprogram dua jenis node ESP32, yakni pengirim dan penerima. Sistem memanfaatkan protokol MQTT untuk pertukaran data, serta mengintegrasikan Blynk, DFPlayer Mini, dan OLED untuk kontrol jarak jauh dan tampilan. Node pengirim membaca input dari tombol Call, Bill, dan Reset, lalu mengirim data dalam format JSON ke broker MQTT melalui topik tertentu.



GAMBAR 13
KONFIGURASI FIRMWARE NODE TRANSMITTER

Gambar 13 menunjukkan awal kode untuk node pengirim yang dibuat menggunakan Arduino IDE. Bagian ini menginisialisasi konfigurasi MQTT, termasuk alamat server, pin, ID klien, serta pengaturan LED indikator dan tombol. WiFiManager digunakan untuk memudahkan koneksi jaringan, dan pengiriman data ke broker MQTT dimulai dari bagian ini.

Sementara itu, node penerima bertugas menerima data dari broker, menampilkannya di OLED, memutar notifikasi suara via DFPlayer Mini, dan mengirimkan status ke aplikasi Blynk secara real-time.



GAMBAR 14
KONFIGURASI FIRMWARE NODE RECEIVER

Gambar 14 menampilkan bagian awal kode untuk node penerima, yang menginisialisasi pustaka penting seperti OLED, DFPlayer Mini, MQTT, dan Blynk. Konfigurasi awal mencakup pengaturan ukuran layar, pin serial, alamat broker MQTT, dan token Blynk, yang menjadi dasar fungsi utama sistem: menerima data, menampilkan informasi, memutar audio, dan mengirim status secara real-time.

Sistem ini terintegrasi dengan Node-RED sebagai antarmuka pemantauan berbasis web yang berjalan di AWS EC2. Node-RED menerima data melalui topik MQTT, memproses JSON dari topik waiter/+/call, bill, dan reset, lalu menampilkan status tiap meja. Instalasi mencakup pengaturan Node.js, Node-RED, dan konfigurasi otomatisasi layanan melalui systemd dengan akses publik via port 1880.



GAMBAR 15
TAMPILAN DASHBOARD MONITORING NODE-RED

Sistem pemanggilan pelayan menampilkan status tiap meja secara real-time melalui dashboard Node-RED dan aplikasi Blynk, menggunakan indikator LED dengan warna hijau (panggilan), biru (tagihan), dan merah (reset). Data dikirim melalui MQTT ke broker Mosquitto yang sama dengan ESP32 untuk menjaga sinkronisasi. Antarmuka Blynk berbasis seluler dirancang menggunakan template ESP32 dengan koneksi WiFi, dilengkapi LED, tombol, dan label waktu. Tombol reset pada setiap meja dikendalikan melalui pin virtual (V0-V15) dan diatur lewat token Blynk dalam program ESP32. Setelah terhubung, data dikirim otomatis ke aplikasi dan ditampilkan secara responsif di perangkat seluler.



GAMBAR 16
TAMPILAN BLYNK PADA SMARTPHONE

C. Hasil Pengujian Sistem Node Transmitter dan Receiver

Pengujian bertujuan memverifikasi bahwa semua node pengirim (sender1-3) dapat mengirim data secara cepat dan akurat ke node penerima melalui MQTT. Respons diuji lewat tampilan OLED dan suara dari DFPlayer Mini. Konsistensi sistem diuji dengan menekan tombol Call dan Bill sebanyak 10 kali, sementara tombol Reset digunakan untuk mengembalikan sistem ke kondisi awal setelah tiap pengujian.

TABEL 1
REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN FUNGSI WAITRESS CALLING SYSTEM TRANSMITTER DAN RECEIVER

ID Sender	Tombol Ditekan	Jumlah Uji	Data Terkirim	Display Receiver	DFPlayer	Keberhasilan
Sender1	Call	10	Terkirim	M1(CALL):ON	Bunyi	100%
Sender2	Call	10	Terkirim	M2(CALL):ON	Bunyi	100%
Sender3	Call	10	Terkirim	M3(CALL):ON	Bunyi	100%
Sender1	Bill	10	Terkirim	M1(BILL):ON	Bunyi	100%
Sender2	Bill	10	Terkirim	M2(BILL):ON	Bunyi	100%
Sender3	Bill	10	Terkirim	M3(BILL):ON	Bunyi	100%
Sender1	Reset	10	Terkirim	M1(CALL/BILL):OFF	Tidak Bunyi	100%
Sender2	Reset	10	Terkirim	M2(CALL/BILL):OFF	Tidak Bunyi	100%
Sender3	Reset	10	Terkirim	M3(CALL/BILL):OFF	Tidak Bunyi	100%

Sistem pemanggilan pelayan terbukti berfungsi dengan baik dalam seluruh skenario pengujian. Semua node pengirim berhasil mengirim perintah Call, Bill, dan Reset tanpa kesalahan, dengan OLED dan DFPlayer merespons sesuai perintah.

Uji tekan sebanyak 10 kali per tombol menunjukkan keberhasilan 100%, tanpa kehilangan data. Hasil ini menunjukkan integrasi yang solid antar komponen, serta efektivitas sistem dalam menyampaikan informasi pelanggan secara real time melalui suara dan tampilan visual.

D. Hasil Pengujian Waitress Calling System Berdasarkan Jarak Kondisi Line of Sight (LOS)

Pengujian dilakukan dalam kondisi LOS pada jarak 5–150 meter untuk mengevaluasi kestabilan komunikasi MQTT antara ESP32 pengirim dan penerima. Lokasi terbuka Stadion

Warujayeng dipilih agar bebas hambatan fisik, dengan pengirim ditempatkan di berbagai titik dari hotspot dan penerima di dekat router guna menjaga koneksi tetap stabil.



GAMBAR 17
DENAH LOKASI PENGUJIAN LINE OF SIGHT (LOS)

Pengujian berdasarkan denah Gambar 17 mengevaluasi performa sistem dalam transmisi data nirkabel pada berbagai jarak. Aspek yang diamati meliputi keberhasilan pengiriman, respons tampilan, dan audio. Ringkasan hasil Quality of Service (QoS) untuk kondisi Line of Sight (LOS) ditampilkan pada Tabel 4.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN QOS KONDISI LINE OF SIGHT (LOS)

Pengujian ke-n	Jarak (m)	Tombol Ditekan	Throughput (bit/s)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Keterangan
1	5	Call	1535,36	0	1000	2,02	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	2,93	
2	10	Call	1535,36	0	1000	1,11	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	3,33	
3	15	Call	1535,36	0	1000	2,93	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	1,92	
4	20	Call	1520	1	1010	4,02	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	1,92	
5	25	Call	1526,72	2	1020	5,78	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	1,52	
6	30	Call	1518,24	4	1041	6,03	Sukses
		Bill	1535,36	0	1010	2,32	
7	35	Call	1535,36	0	1000	3,33	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	2,32	
8	40	Call	1513,76	5	1052	6,16	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	3,74	
9	45	Call	1500,8	8	1086	6,92	Sukses
		Bill	1505,12	7	1075	5,49	
10	50	Call	1535,36	0	1000	4,04	Sukses
		Bill	1522,4	3	1030	4,72	
11	55	Call	1509,44	6	1063	9,49	Sukses
		Bill	1505,12	7	1075	9	
12	60	Call	1520	1	1010	5,15	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	2,22	
13	65	Call	1544,8	3	1030	10,09	Sukses

Pengujian ke-n	Jarak (m)	Tombol Ditekan	Throughput (bit/s)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Keterangan
		Call	1535,36	0	1000	3,74	
14	70	Call	1243,76	19	1234	20,51	Sukses
		Bill	1500,8	8	1086	5,85	
15	75	Call	1405,76	30	1428	26,71	Sukses
		Bill	1518,08	4	1041	5,37	
16	80	Call	1513,76	5	1052	7,84	Sukses
		Bill	1479,2	13	1149	8,15	
17	85	Call	1448,96	20	1250	13,76	Sukses
		Bill	350,64	80	5000	55,26	
18	90	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
19	95	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
20	100	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
21	105	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
22	110	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
23	115	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
24	120	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
25	125	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
26	130	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
27	135	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
28	140	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
29	145	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
30	150	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
Rata - rata			1254,44	20,65	993,55	6,39	

Sistem pemanggilan pelayan menunjukkan kinerja optimal pada kondisi LOS hingga jarak 60 meter, dengan throughput rata-rata 1520 bit/s, packet loss di bawah 5%, delay mendekati 1000 ms, dan jitter kurang dari 7 ms. Ini mengindikasikan bahwa sistem mampu menjalankan komunikasi real time dengan baik saat tidak ada penghalang.

Di atas 65 meter, terjadi degradasi performa, dengan throughput turun ke 351 bit/s dan packet loss meningkat tajam. Komunikasi gagal total setelah 85 meter, ditandai dengan hilangnya sinyal sepenuhnya.

Hasil pengujian mengungkap bahwa jangkauan operasional ideal sistem adalah maksimal 60 meter, dan perlu penguat sinyal jika digunakan pada area lebih luas. Berdasarkan skor QoS, sistem memperoleh indeks 4 untuk throughput ("Sangat Bagus"), indeks 2 untuk packet loss ("Sedang"), indeks 1 untuk delay ("Jelek"), dan indeks 3 untuk jitter ("Bagus").

E. Hasil Pengujian Waitress Calling System Berdasarkan Jarak Kondisi Non-Line of Sight (NLOS)

Tujuan pengujian sistem dalam kondisi Non-Line of Sight (NLOS) adalah untuk mengamati kinerja komunikasi ESP32 saat terdapat dinding sebagai hambatan. Node pengirim berada di dalam stadion dengan jarak antara 5 hingga 150 meter, sedangkan node penerima diposisikan di luar stadion dan terhubung ke internet melalui hotspot ponsel. Uji coba ini dilakukan di Stadion Warujayeng.



GAMBAR 18
DENAH LOKASI PENGUJIAN NON-LINE OF SIGHT (NLOS)

Gambar 18 memperlihatkan denah pengujian pada kondisi Non-Line of Sight (NLOS), di mana node pengirim dan penerima dipisahkan oleh dinding stadion. Pengujian dilakukan untuk menilai kualitas komunikasi menggunakan parameter QoS seperti throughput, packet loss, delay, dan jitter pada berbagai jarak. Ringkasan hasilnya disajikan dalam Tabel 5.

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN QOS KONDISI NON-LINE OF SIGHT (NLOS)

Pengujian ke-n	Jarak (m)	Tombol Ditekan	Throughput (bit/s)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Keterangan
1	5	Call	1535,36	0	1000	2,73	Sukses
		Bill	1531,04	1	1010	4,33	
2	10	Call	1535,36	0	1000	3,54	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	3,23	
3	15	Call	1518,08	4	1041	4,27	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	3,13	
4	20	Call	1535,36	0	1000	2,73	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	3,64	
5	25	Call	1392,8	33	1492	29,17	Sukses
		Bill	1496,48	9	1098	8,67	
6	30	Call	1535,36	0	1000	1,92	Sukses
		Bill	1513,76	5	1052	7,05	
7	35	Call	1414,88	10	1111	6,24	Sukses
		Bill	1535,36	0	1000	3,54	
8	40	Call	1513,76	5	1052	7,39	Sukses
		Bill	1505,12	7	1075	6,66	
9	45	Call	781,68	62	2631	44,08	Sukses
		Bill	659,76	57	2325	0,55	
10	50	Call	1478,64	8	1086	8,71	Sukses
		Bill	1444,08	16	1190	11,61	
11	55	Call	377,04	79	4761	71,40	Sukses
		Bill	31,44	98	5000	7000	
12	60	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	

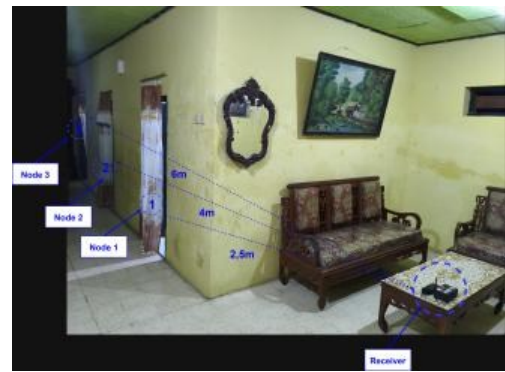
Pengujian ke-n	Jarak (m)	Tombol Ditekan	Throughput (bit/s)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Keterangan
13	65	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
14	70	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
15	75	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
16	80	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
17	85	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
18	90	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
19	95	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
20	100	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
21	105	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
22	110	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
23	115	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
24	120	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
25	125	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
26	130	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
27	135	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
28	140	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
29	145	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
30	150	Call	0	100	0	0	Gagal
		Bill	0	100	0	0	
Rata - rata			723,536	54,85	848,1	180,86	

Pengujian sistem pada kondisi NLOS menunjukkan bahwa komunikasi tetap stabil hingga jarak 20 meter, dengan throughput >1500 bit/s, packet loss rendah, delay ± 1000 ms, dan jitter <5 ms. Namun, setelah jarak melebihi 25 meter, performa mulai menurun drastis. Packet loss naik hingga 98%, jitter ekstrem >7000 ms, dan throughput anjlok menjadi 31,44 bit/s pada 55 meter. Di atas 60 meter, komunikasi sepenuhnya gagal.

Secara rata-rata, throughput masih tergolong “Sangat Bagus” (723,54 bit/s), namun parameter lain seperti delay, jitter, dan packet loss berada di kategori “Jelek”. Artinya, sistem hanya andal untuk komunikasi jarak pendek. Untuk lingkungan dengan banyak hambatan fisik, dibutuhkan penambahan repeater atau access point agar sistem tetap stabil.

F. Hasil Pengujian Waitress Calling System Di Ruangan Bersekat

Pengujian berlangsung di rumah dengan dinding sebagai hambatan fisik. Node penerima ditempatkan di ruang tamu, sementara tiga node pengirim berada di kamar tidur pada jarak 2,5 m, 4 m, dan 6 m. Tujuannya adalah mengukur kinerja komunikasi nirkabel dalam kondisi ruang terbatas.



GAMBAR 19
DENAH LOKASI PENGUJIAN DI RUANGAN BERSEKAT

Gambar 19 menggambarkan skema pengujian sistem dalam ruangan bersekat, menyerupai konfigurasi restoran sesungguhnya. Setiap tombol pada node pengirim ditekan untuk menguji respons sistem melalui tampilan OLED dan output DFPlayer. Tabel 6 merangkum hasil pengujian secara keseluruhan.

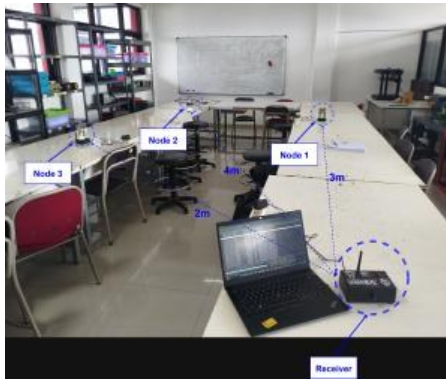
TABEL 4
HASIL PENGUJIAN DI RUANGAN BERSEKAT

Node Transmitter	Tombol	Total Pengujian	Terkirim	Tidak Terkirim	Keberhasilan (%)
Node 1	Call	10	10	0	100
	Bill	10	10	0	100
	Reset	10	10	0	100
Node 2	Call	10	7	3	70
	Bill	10	7	3	70
	Reset	10	10	0	100
Node 3	Call	10	7	3	70
	Bill	10	8	2	80
	Reset	10	10	0	100

Hasil pengujian menunjukkan bahwa performa komunikasi nirkabel dipengaruhi oleh jarak dan hambatan fisik. Node pengirim 1 (2,5 meter) memberikan hasil terbaik tanpa kendala. Pada jarak 4 meter (node 2), muncul jeda respons 1–2 detik dan ketidakakuratan tampilan. Node 3 (6 meter) menunjukkan penurunan signifikan, dengan beberapa perintah tak terdeteksi dan respons DFPlayer tidak konsisten. Secara keseluruhan, semakin besar hambatan dan jarak, semakin rendah keandalan sistem.

G. Hasil Pengujian Waitress Calling System Di Ruangan Tanpa Sekat

Pengujian dilakukan di dalam laboratorium, di mana seluruh prototipe diletakkan pada area tanpa hambatan fisik seperti sekat atau dinding. Dalam skenario ini, tiga node pengirim ditempatkan pada jarak yang berbeda dari node penerima, yakni: node 1 sejauh 3 meter, node 2 pada 4 meter, dan node 3 berjarak 2 meter.



GAMBAR 20

DENAH LOKASI PENGUJIAN DI RUANGAN TANPA SEKAT

Berdasarkan denah pada Gambar 20, posisi tiap node pengirim terhadap node penerima di ruangan terbuka tanpa sekat dapat diidentifikasi. Hasil pengujian sistem pada kondisi tersebut disajikan dalam Tabel 7, mencakup keberhasilan pengiriman data, respons OLED, keluaran suara DFPlayer, serta status tiap tombol yang diuji.

TABEL 5

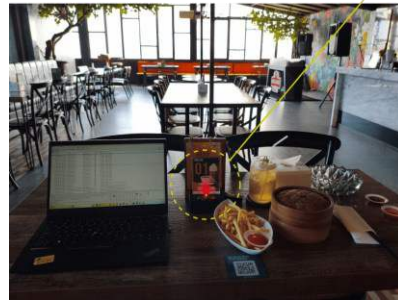
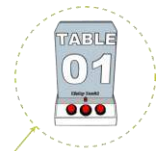
Hasil Pengujian Di Ruang Tanpa Sekat

Node Transmitter	Tombol	Total Pengujian	Terkirim	Tidak Terkirim	Keberhasilan (%)
Node 1	Call	10	10	0	100
	Bill	10	10	0	100
	Reset	10	10	0	100
Node 2	Call	10	10	0	100
	Bill	10	10	0	100
	Reset	10	10	0	100
Node 3	Call	10	10	0	100
	Bill	10	10	0	100
	Reset	10	10	0	100

Dalam kondisi area terbuka, sistem menunjukkan performa maksimal. Tiga node pengirim yang diuji pada jarak 2–4 meter mampu berkomunikasi secara stabil dengan node penerima. Seluruh sinyal Call, Bill, dan Reset berhasil dikirim 100% dalam 30 kali percobaan per node. OLED menampilkan data dengan benar, dan DFPlayer merespons sesuai perintah. Ini menandakan sistem sangat andal di lingkungan tanpa hambatan fisik.

H. Implementasi Sistem

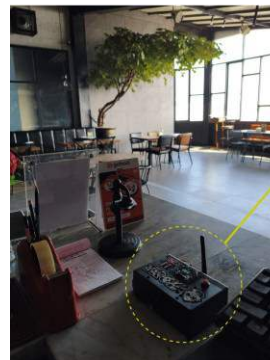
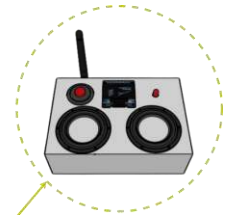
Sistem pemanggilan pelayan ini dirancang untuk digunakan di berbagai jenis restoran dan kafe, baik skala kecil maupun besar. Namun, sistem ini paling efektif diterapkan di lokasi dengan jumlah pelanggan tinggi dan tenaga kerja terbatas, seperti rest area jalan tol. Di tempat seperti itu, pelanggan cukup menekan tombol untuk memanggil pelayan atau meminta tagihan, tanpa perlu menarik perhatian secara langsung. Teknologi ini memungkinkan staf merespons lebih cepat tanpa harus terus mengawasi setiap meja, sehingga pelayanan menjadi lebih efisien dan nyaman. Ilustrasi penempatan sistem dapat dilihat pada bagian berikut.



GAMBAR 21

PENEMPATAN PROTOTIPE NODE TRANSMITTER

Perangkat node pengirim ditempatkan di meja pelanggan, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut. Masing-masing node dilengkapi dengan tombol Call, Bill, dan Reset, serta LED indikator yang menyala sesuai dengan status tombol yang diaktifkan.



GAMBAR 22

PENEMPATAN PROTOTIPE NODE RECEIVER

Node penerima ditempatkan di area pusat layanan, seperti meja kasir, sebagaimana terlihat pada gambar berikut. Perangkat ini dilengkapi dengan DFPlayer Mini untuk memberikan notifikasi suara dan layar OLED yang menampilkan status setiap meja secara real time. Selain itu, node penerima dapat mengirim data ke dashboard Blynk dan Node-RED, serta menerima perintah reset untuk memperbarui status sistem.

V. KESIMPULAN

Sistem pemanggilan pelayan telah berhasil diimplementasikan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang terintegrasi secara nirkabel melalui WiFi dan memanfaatkan protokol MQTT untuk komunikasi data. Sistem terdiri dari tiga unit pemancar di meja pelanggan dan satu unit penerima di area kasir. Data ditampilkan secara real time melalui OLED, DFPlayer Mini, Blynk, dan Node-RED. Kemampuan komunikasi dua arah yang cepat dan stabil menegaskan keandalan MQTT dalam sistem ini.

Uji performa jaringan mengindikasikan bahwa sistem bekerja optimal dalam skenario Line of Sight (LOS) hingga jarak 60–70 meter dengan throughput rata-rata 1254,44 bit/s,

sesuai standar kualitas TIPHON. Namun, penurunan performa terjadi pada kondisi Non-Line of Sight (NLOS), terutama akibat jitter dan packet loss yang tinggi. Oleh karena itu, penerapan sistem ini paling efektif di area dengan jarak pendek dan visibilitas langsung antarperangkat, seperti restoran kecil dan menengah.

REFERENSI

- [1] A. R. D. Putri, "Pengaruh Profitabilitas Terhadap Nilai Perusahaan Dengan Corporate Social Responsibility Sebagai Variabel Moderasi," *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen*, vol. 1, no. 1, pp. 1-15, 2023.
- [2] W. K. N. P. N. Fatihaturrizkah, "Prototipe Pendeteksi Keberadaan Pelanggan Pada Meja Restoran Berbasis Mikrokontroler dengan Notifikasi Telegram," *Journal on Computer Hardware, Signal Processing, Embedded System and Networking*, vol. 1, pp. 88-92, 2023.
- [3] I. I. S. S. L. W. F. A. Mardewi, "Sistem Monitoring Status Meja Pada Restoran Berbasis Internet of Things (IOT)," *Journal of System and Computer Engineering (JSCE)*, vol. 4, no. 2, pp. 136-144, 2023.
- [4] A. S. B. R. P. Aulia Nabih Rizqullah, "Sistem Pemanggil Pelayan LCLE (Low Cost Low Energy) berbasis ESP- NOW," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 342-354, 2023.
- [5] S. F. Marsum Widjojo Atmodjo, *Professional waiter : pramusaji ahli*, Yogyakarta: CV Andi Offset, 2016.
- [6] M. N. A. D. A. W. Y. Andani, *Aplikasi IoT Dan Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Menurunkan Risiko Penularan Covid 19 (Contoh Dan Implementasinya)*, Purwokerto: Amerta Media, 2023.
- [7] R. Muhendra, *Konsep Dasar Sistem Instrumentasi, Wireless Sensor Network Dan Internet of Things (IoT)*, Bekasi: PT Dewangga Energi Internasional, 2021.
- [8] E. P. Utomo, *Wireless Networking Panduan Lengkap Membangun Jaringan Wireless Tanpa Teknisi*, Yogyakarta: Andi, 2018.
- [9] S. W. K. E. S. Arief Budijanto, *Interfacing ESP32*, Surabaya: Scopindo Media Pustaka, 2021.
- [10] N. R. S. N. Dodi Yudo Setyawan, *Internet Of Things ESP8266 ESP32 Web Server*, Yogyakarta: Jejak Pustaka, 2022.
- [11] R. A. Atmoko, *Dasar Implementasi Protokol MQTT Menggunakan Python dan NodeMCU*, Bandung: Mokosoft Media, 2019.
- [12] N. R. S. Muhamad Hasbi, "Analisis Quality Of Service (Qos) Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin Dengan Menggunakan Wireshark," *Universitas Muhammadiyah Jakarta*, vol. 12, no. 1, pp. 1-7, 2021.

