

Implementasi ESP32-CAM sebagai Mikrokontroler pada Purwarupa Pintu Pintar

1st Mahardika Hanif Briantono

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

mahardikahanifbriantono@gmail.com

2nd Rendy Munadi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

rendimunadi@telkomuniversity.ac.id

3rd Iman Hedi Santoso

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

imanhedis@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Dalam perkembangan teknologi dan perubahan zaman, tingkat kejahatan termasuk pencurian meningkat, khususnya saat pemilik rumah tidak ada. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi, metode pencegahan yang efektif dengan campur tangan manusia sedikit dapat diimplementasikan untuk mengatasi risiko pencurian. Penelitian ini berfokus pada pengembangan purwarupa pintu pintar yang mengidentifikasi individu tak dikenal secara jarak jauh menggunakan teknologi pengenalan wajah, meningkatkan efisiensi pengawasan rumah dan pengendalian akses. Purwarupa pintu pintar mengintegrasikan mikrokontroler ESP32-CAM, sensor jarak, kunci pintu solenoid, dan komponen lainnya. Melalui IoT, sistem ini mengambil citra, memprosesnya melalui model deep learning cloud, dan mengirimkan hasilnya ke aplikasi Android untuk pengendalian akses dan pemberitahuan. Pengujian kualitas layanan mengungkapkan performa optimal pada Sabtu sore, karena penurunan aktivitas bisnis, peningkatan interaksi jaringan luar, dan penurunan lalu lintas. Kesimpulannya, purwarupa pintu pintar ini menunjukkan fungsionalitas efektif. Pengujian kualitas layanannya efektif terutama Sabtu sore, didorong oleh penurunan kepadatan jaringan dan peningkatan aktivitas luar jaringan. Penelitian ini membuka peluang inovasi pintu pintar di masa depan, tingkatan keamanan rumah dan pengendalian akses melalui teknologi canggih.

Kata kunci— Purwarupa Pintu Pintar, ESP32-CAM, Sensor Jarak, Solenoid

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan evolusi teknologi dan perubahan zaman, tingkat kejahatan semakin meningkat, termasuk aksi pencurian di dalam lingkungan rumah. Hal ini menimbulkan kegelisahan dan kekhawatiran di kalangan masyarakat, terutama saat pemilik rumah tidak berada di sana. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi, metode pencegahan yang lebih efektif tanpa memerlukan intervensi manusia dapat diimplementasikan untuk mengatasi risiko pencurian di dalam rumah.

Teknologi yang terus berkembang memengaruhi masyarakat secara signifikan, mendorong perlunya terus berinovasi dalam pengembangan fitur dan penerapan teknologi. Salah satu bentuk inovasi yang muncul adalah perancangan pintu rumah pintar yang mengintegrasikan sensor canggih, konektivitas nirkabel, teknologi *deep learning*, serta aplikasi Android untuk menciptakan pengalaman pintu masuk yang lebih pintar dan lebih aman.

Tujuan dari penelitian ini meliputi pengembangan purwarupa pintu pintar yang mampu mengidentifikasi individu yang tidak dikenal di depan rumah secara jarak jauh, dengan memanfaatkan teknologi pengenalan wajah untuk memantau visual kondisi rumah, meningkatkan efisiensi pengawasan rumah dan kontrol akses baik untuk individu yang dikenal maupun tidak. Selain itu, penelitian ini juga berfungsi sebagai referensi dasar untuk studi masa depan tentang pintu pintar yang menggabungkan teknologi pengenalan wajah. Namun, penelitian ini difokuskan pada aspek IoT/hardware dari purwarupa pintu pintar, yang nantinya akan diintegrasikan dengan aplikasi Android dan teknologi pengenalan wajah.

II. KAJIAN TEORI

Pada Implementasi dan pembuatan purwarupa pintu pintar ini menggunakan beberapa komponen, diantaranya:

A. ESP32-CAM

ESP32-CAM dilengkapi dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth serta memiliki bentuk yang kompak, menjadikannya sangat kompetitif untuk operasi mandiri dengan persyaratan sistem minimal. Dengan dimensi $27 \times 40,5 \times 4,5$ mm [1]. Rentang tegangan operasionalnya adalah antara 3,3V dan 5V, mampu menangani level tegangan 3,3V dan 5V untuk operasinya.



GAMBAR 1
(ESP32-CAM)

B. Solenoid Door Lock 12V

Solenoid Door Lock 12V adalah jenis kunci pintu elektronik yang menggunakan solenoid sebagai komponen utama. Dengan menggunakan arus listrik 12V untuk menciptakan medan magnet di solenoid, yang menarik inti solenoid sehingga memungkinkan fungsi penguncian dan pembukaan pintu dengan kecepatan dan kehandalan yang

optimal, menjadikannya solusi ideal untuk keperluan akses kontrol dan keamanan [2].



GAMBAR 2
(Solenoid Door Lock 12V)

C. Distance Sensor E18-D80NK

Sensor jarak E18-D80NK atau Proximity Sensor E18-D80NK adalah perangkat pendeteksi yang beroperasi pada tegangan 5V DC mampu mengenali objek dalam jarak 3 cm hingga 80 cm, termasuk yang transparan, dalam rentang suhu -25°C hingga 55°C. Sensor ini dirancang untuk aplikasi pengukuran jarak dengan efektif dalam berbagai lingkungan [3].



GAMBAR 3
(Distance Sensor E18-D80NK)

D. Battery 18650

Baterai tipe 18650 berkapasitas 1800mAh merupakan jenis baterai isi ulang dengan dimensi dan bentuk yang khusus, memiliki daya simpan energi dan kemampuan memberikan tenaga kepada perangkat portabel. Memanfaatkan teknologi lithium-ion (Li-ion), baterai ini menampilkan densitas energi yang tinggi dan masa pakai yang memuaskan [4]. Baterai ini biasanya memberikan tegangan output nominal 3.7V, walaupun penting untuk dicatat bahwa tegangan aktualnya bisa berubah sesuai dengan tingkat pengisian dan beban. Saat baterai penuh, tegangan bisa mencapai sekitar 4.2V, sementara tegangan akan perlahan menurun saat baterai terpakai.



GAMBAR 4
(Battery 18650)

E. Relay 1 Channel 5V

Relay adalah komponen elektromekanik yang berfungsi sebagai saklar yang dioperasikan secara listrik, terdiri dari dua komponen utama yaitu elektromagnet (coil) dan mekanikal (kontak saklar/switch), dimana prinsip kerjanya memanfaatkan efek elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga memungkinkan relay mengontrol aliran listrik bertegangan tinggi dengan arus yang lebih

rendah, serta terdiri dari elemen-elemen dasar seperti elektromagnet (coil), armatur, kontak saklar (switch contact point), dan pegas (spring). [5].



GAMBAR 5
(Relay 1 Channel 5V)

F. Step Down XL4015 Buck Converter

Step Down XL4015 Buck Converter merupakan sebuah komponen modul konverter tegangan yang berfungsi untuk mengurangi tegangan tinggi menjadi tingkat tegangan yang lebih rendah. Modul ini memanfaatkan prinsip pengendalian saklar (switching) untuk mengatur dan mengubah keluaran tegangan sesuai kebutuhan. XL4015 mampu menerima input tegangan yang lebih tinggi, contohnya dalam kisaran 5V hingga 38V, lalu menghasilkan tegangan output yang lebih rendah sesuai dengan tuntutan spesifik. Penerapan modul ini umumnya ditemukan dalam berbagai aplikasi elektronik seperti sistem daya untuk mikrokontroler, ponsel, kamera, serta berbagai perangkat elektronik lainnya.



GAMBAR 6
(Step Down XL4015 Buck Converter)

G. MP1584 Step-Down Module 5V

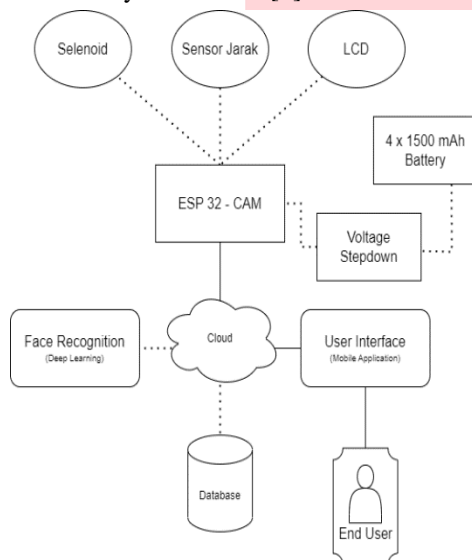
Modul Step-Down MP1584 5V adalah perangkat konversi tegangan yang dirancang khusus untuk menghasilkan sumber tegangan stabil dengan keluaran 5V. Modul ini mampu menerima berbagai rentang tegangan input dari 4.5V hingga 28V, dengan kemampuan pengaturan yang dapat diatur melalui potensiometer pada perangkat itu sendiri. Dengan ciri-ciri seperti itu, modul ini sangat sesuai untuk berbagai keperluan elektronik yang membutuhkan pasokan tegangan 5V yang andal, seperti dalam rangkaian mikrokontroler, sensor, dan perangkat Internet of Things (IoT). Keunggulan modul Step-Down MP1584 5V terletak pada ukurannya yang ringkas, efisiensi tinggi, serta kemudahannya dalam penggunaan.



GAMBAR 7
(MP1584 Step-Down Module 5V)

III. METODE

Purwarupa pintu pintar yang diimplementasikan dengan menggunakan ESP32-CAM sebagai mikrokontroler yang kemudian diintegrasikan dengan sensor jarak dan solenoid. Pada rancangan sistem ini tidak diperlukan kamera eksternal karena sudah ada dan terpasang pada mikrokontroler. Sumber utama konsumsi daya pada alat ini menggunakan baterai 1500mAh sebanyak 4 baterai. Selain itu pada rancangan sistem ini model *deep learning* yang nantinya digunakan sebagai teknologi *face recognition* untuk mendeteksi dan memvalidasi wajah yang sudah terdaftar akan dijalankan disalah satu layanan komputasi awan, setelah foto di proses oleh *deep learning* lalu foto akan di teruskan ke basis data yang berada pada cloud. Kemudian pengguna dapat melihat hasil dari citra yang diambil oleh ESP32 dan diproses oleh *deep learning* pada aplikasi yang berjalan pada sistem operasi android, selain itu pengguna juga dapat melihat daftar riwayat notifikasi [6]



GAMBAR 8
(Diagram Blok Purwarupa Pintu Pintar)

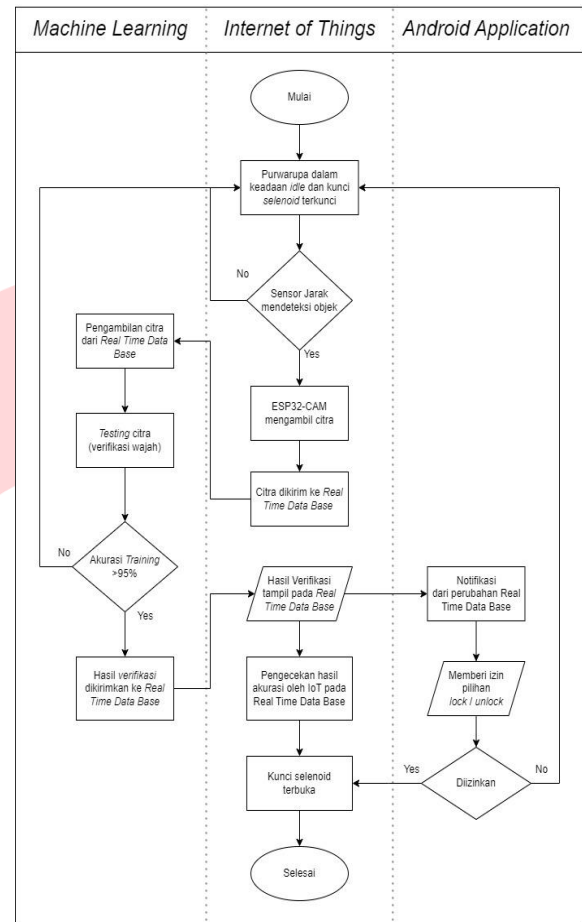
Pada Gambar 8 merupakan rencana diagram blok pada purwarupa pintu pintar dimulai dengan sensor jarak dan solenoid terhubung dengan ESP32-CAM sebagai mikrokontroler, kemudian ESP32-CAM terhubung ke baterai sebagai sumber listrik utamanya [12]. Setelah ESP32-CAM mengambil serta mengirimkan citra kepada layanan komputasi awan untuk melakukan proses verifikasi wajah dan diteruskan ke aplikasi sebagai riwayat.

A. Implementasi Sistem

Proses dimulai saat ESP32-CAM mengambil citra menggunakan kamera yang sudah terintegrasi pada ESP32-CAM, setelah itu citra yang diambil akan diunggah ke layanan komputasi awan untuk melalui proses lebih lanjut. Setelah pengolahan dengan teknologi Deep Learning, hasil analisis wajah akan disimpan dalam Realtime Database. Aplikasi yang terhubung juga memberikan kemampuan pengontrolan jarak jauh terhadap akses pintu, sekaligus memberikan notifikasi kepada pengguna berdasarkan hasil analisis dari citra yang telah diolah.

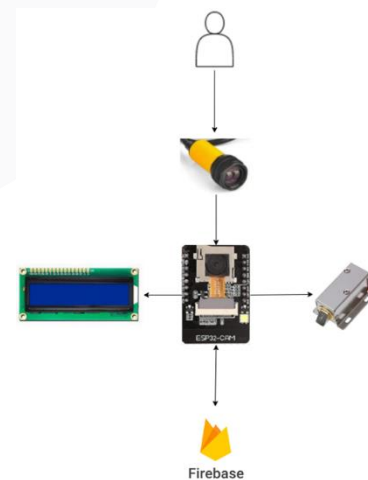
Dengan demikian, sistem ini memanfaatkan komponen Sensor Jarak, solenoid, modul ESP32-CAM, sumber daya baterai, pemanfaatan teknologi komputasi awan, dan integrasi aplikasi secara keseluruhan. Hal ini

menghasilkan sebuah solusi pintu pintar yang dapat secara akurat mendeteksi pergerakan, melakukan pengambilan citra, menjalankan proses analisis lanjutan melalui infrastruktur komputasi awan, serta memberikan kemampuan pengontrolan dan informasi kepada pengguna melalui aplikasi yang saling terhubung.



GAMBAR 9
(Flow chart Purwarupa Pintu Pintar)

B. Cara Kerja



GAMBAR 10
Diagram blok Internet Of Things)

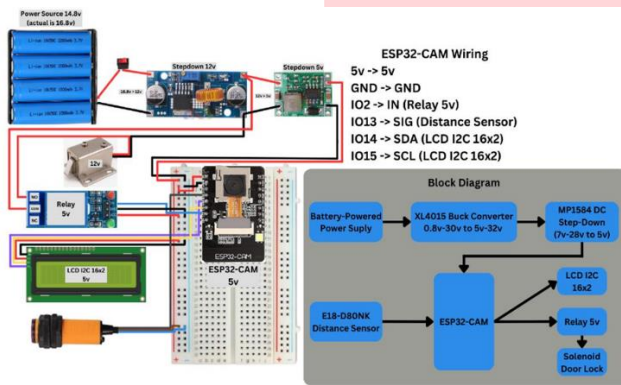
Pada Gambar 10 merupakan Diagram blok pada bagian IoT dari purwarupa pintu pintar. Purwarupa pintu pintar ini dirancang dengan menggunakan sensor jarak untuk

mendeteksi kehadiran orang di depan pintu. Sensor ini beroperasi dengan mengukur jarak antara pintu dan objek yang berada dalam rentang 5-80 cm dari pintu. Setelah sensor mendeteksi seseorang, mikrokontroler ESP32-CAM akan mengambil citra menggunakan kamera terintegrasi. Citra tersebut kemudian dikirim ke basis untuk melakukan proses verifikasi keanggotaan.

basis akan segera memberikan umpan balik kepada ESP32-CAM. Jika individu tersebut telah terdaftar, ESP32-CAM akan memberi perintah kepada layar LCD untuk menampilkan pesan yang sesuai serta mengaktifkan solenoid untuk membuka pintu. Dengan cara ini, akses ke pintu dapat dikendalikan dengan lebih efisien dan efektif.

Inovasi ini memberi kemudahan kepada pengguna dalam mengelola akses pintu. Sensor jarak digunakan untuk mendeteksi kehadiran, sementara ESP32-CAM mengambil citra dan berinteraksi dengan database. Layar LCD dan solenoid menghasilkan respons yang tepat sesuai dengan situasi.

C. Implementasi IoT



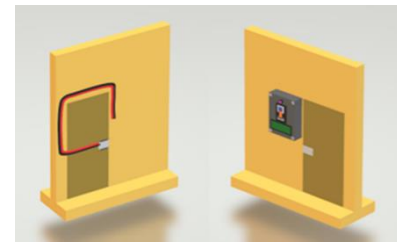
GAMBAR 11
(Wiring Scheme IoT)

Pada Gambar 11 merupakan *wiring scheme* pada IoT. Terlihat pada rangkaian *wiring scheme* diatas, sumber daya berasal dari empat baterai Li-ion 18650C dengan masing-masing kapasitas 1500 mAh dan tegangan 3,7V. Baterai-baterai ini diatur secara seri guna mencapai voltase yang diinginkan, yaitu lebih dari 12V. Gabungan kapasitas dari baterai-baterai ini menghasilkan tegangan total sebesar 14,8V. Selanjutnya, dari sumber daya tersebut, dilakukan penghubungan ke step-down converter 12V untuk mendapatkan keluaran 12V yang digunakan untuk memberi daya pada solenoid pintu, serta diubah lagi melalui step-down converter 5V untuk memberi pasokan daya kepada ESP32-CAM. Dengan memanfaatkan kedua converter ini, daya dapat dialirkan ke ESP32-CAM dan juga diteruskan untuk memberi daya pada relay, LCD, dan sensor jarak.

Dalam rangkaian ini, relay 5V dioperasikan dengan tiga pin: pin IN (sinyal), pin GND (tanah), dan pin VCC (tegangan). Pin IN dihubungkan ke pin IO2 pada ESP32-CAM, sementara pin GND dan VCC pada ESP32-CAM terhubung ke sumber daya 5V. Pada layar LCD I2C, komunikasi dilakukan melalui jalur I2C dengan dua jenis pin, yaitu SDA dan SCL. Pin SDA dihubungkan ke pin IO14 pada ESP32-CAM, sedangkan pin SCL dihubungkan ke pin IO15 pada ESP32-CAM. Untuk Sensor Jarak, pin sinyalnya dihubungkan ke pin IO13 pada ESP32-CAM. Dengan

demikian, pin yang digunakan pada ESP32-CAM adalah IO2, IO13, IO14, IO15, 5V, dan GND.

D. Desain Purwarupa Pintu Pintar



GAMBAR 12
(Desain Purwarupa Pintu Pintar)



GAMBAR 13
(Realisasi Desain Purwarupa Pintu Pintar)

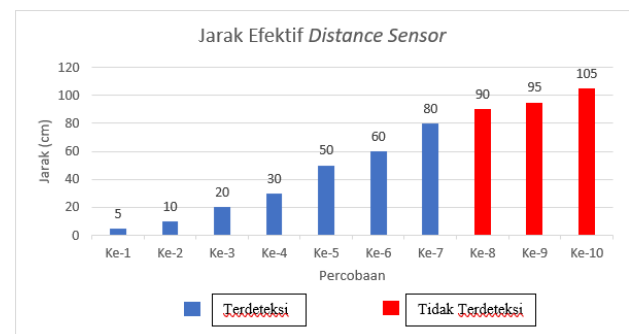
Pada Gambar 12 dan Gambar 13 terlihat perbandingan antara Desain Purwarupa Pintu Pintar dengan Realisasi Desain Purwarupa Pintu Pintar menggambarkan evolusi proyek dari konsep menjadi implementasi nyata. Pada gambar Desain Purwarupa, terlihat rancangan awal desain pada purwarupa pintu pintar. Sementara itu, gambar Realisasi Desain menunjukkan penerapan fisik dari konsep tersebut, di mana komponen-komponen telah dirangkai dengan presisi dan terhubung secara fungsional. Perbandingan ini mengilustrasikan desain secara visual.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian purwarupa pintu pintar dilakukan untuk memastikan kinerja yang baik dalam mengambil citra, mengimkan citra ke layanan komputasi awan, dan menerima feedback dengan baik.

A. Pengujian sensor jarak

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan kumpulan data dari kinerja distance sensor/ sensor jarak dalam mendeteksi objek untuk inisialisasi pengambilan citra oleh ESP32-CAM. Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali dengan jarak yang berbeda, adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 12



GAMBAR 12
Pengujian Distance Sensor)

B. Pengujian durasi pengambilan dan pengiriman citra

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan durasi yang harus ditempuh oleh ESP32-CAM saat pengambilan citra sampai dengan pengiriman ke Firebase berhasil. Percobaan dilakukan sebanyak 20 kali dengan percobaan waktu yang berbeda, adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1
(Pengujian Durasi Pengambilan dan Pengiriman Citra)

Hari Pengujian	Waktu Pengujian	Durasi (detik)	Hasil Citra
Senin	Pagi	00.07,45	
Senin	Siang	00.07,31	
Senin	Sore	00.05,55	
Senin	Malam	00.06,50	
Kamis	Pagi	00.07,35	
Kamis	Siang	00.05,37	
Kamis	Sore	00.07,23	
Kamis	Malam	00.05,49	
Jum'at	Pagi	00.05,56	

Jum'at	Siang	00.05,16	
Jum'at	Sore	00.06,52	
Jum'at	Malam	00.07,03	
Sabtu	Pagi	00.06,09	
Sabtu	Siang	00.05,07	
Sabtu	Sore	00.06,59	
Sabtu	Malam	00.07,05	
Minggu	Pagi	00.06,47	
Minggu	Siang	00.07,13	
Minggu	Sore	00.07,41	

Minggu	Malam	00.07.32	
--------	-------	----------	---

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, dapat diketahui durasi pengambilan dan pengiriman citra ke Firebase tidak memakan waktu lebih dari 8 detik. Sehingga dapat disimpulkan waktu rata-rata ESP32-CAM dalam melakukan proses ini terjadi selama 6,48 detik.

c. Pengujian fungsi *solenoid door lock* dan tampilan LCD

Pengujian ini bertujuan untuk melihat feedback yang diterima oleh ESP32-CAM beserta kunci solenoid dan LCD saat terjadi perubahan value 'appbutton' oleh aplikasi Android atau 'camera' oleh face recognition pada RTDB. Percobaan ini dilakukan sebanyak 10 kali dan didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
(Feedback yang Dialami oleh Solenoid Door Lock dan LCD)

Status	Tampilan LCD
Unlock by Application	" Door UNLOCKED via App Button"
Approval by Face Recognition	" Door UNLOCKED via Face Recognition"
Declined by Face Recognition	" Failed to recognize face, please stand once again for retake the picture"

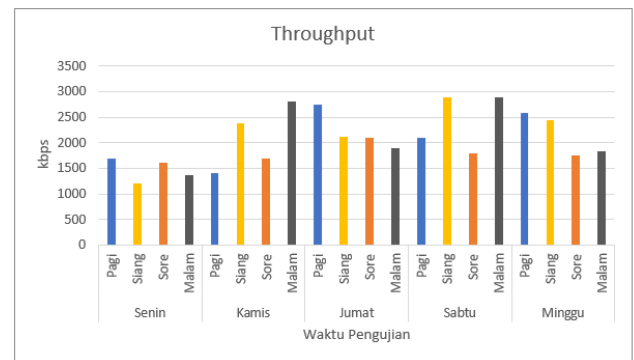
Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, dapat diketahui tampilan dari layar LCD sudah sesuai dengan yang diharapkan.

d. Pengujian *Quality of Service*

Pengujian *quality of service* dilakukan untuk mengukur jaringan internet disaat alat mengirimkan data. Pengujian dilakukan menggunakan *software wireshark* dan terdapat 3 parameter yang diukur, yaitu *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Pengujian *quality of service* dilakukan sebanyak 20 kali pada setiap parameter yang dibagi menjadi 4 waktu pengujian yaitu pagi, siang, sore, dan malam hari. Untuk hari pengujian dilakukan pada hari senin, kamis, jumat, sabtu dan minggu. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software wireshark*. Data yang di capture kemudian akan difilter terlebih dahulu menggunakan IP yang digunakan untuk pengiriman data.

1. *Throughput*

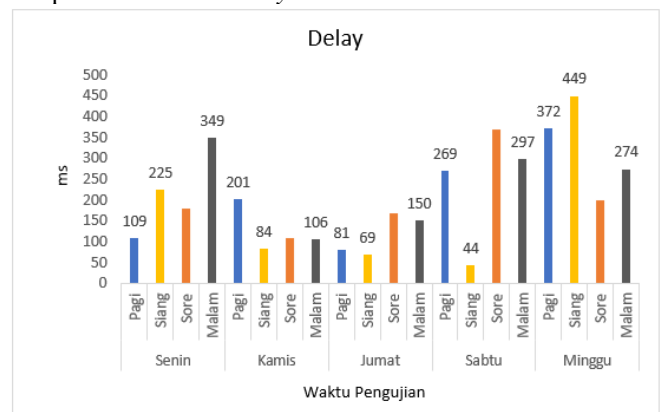
Throughput adalah ukuran kecepatan rata-rata pengiriman atau penerimaan data dalam periode waktu tertentu. Pengujian *Throughput* dilakukan untuk mengetahui jumlah bits paket data yang dikirimkan. Pengujian *Throughput* dilakukan sebanyak 20 kali yang dibagi menjadi 4 waktu pengujian yaitu pagi, siang, sore, dan malam hari. Untuk hari pengujian dilakukan pada hari senin, kamis, jumat, sabtu dan minggu. Nilai *Throughput* paling baik didapatkan pada percobaan di hari sabtu malam dengan *throughput* sebesar 2.893 kbps dan nilai paling rendah didapatkan pada percobaan di hari senin siang dengan nilai *Throughput* sebesar 1.200 kbps. Maka didapatkan rata-rata *Throughput* sebesar 2063 kbps.



GAMBAR 13
(Grafik Pengujian *Throughput*)

2. *Delay*

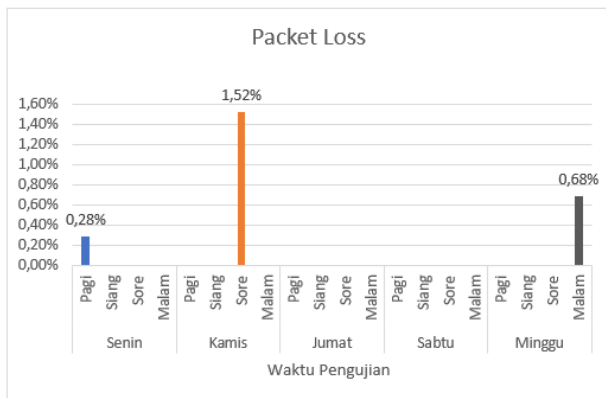
Delay adalah durasi waktu yang diperlukan oleh data atau informasi untuk mencapai tujuan akhirnya setelah dikirim. Pengujian *Delay* dilakukan menggunakan *software wireshark*. Pengujian *Delay* dilakukan sebanyak 20 kali yang dibagi menjadi 4 waktu pengujian yaitu pagi, siang, sore, dan malam hari. Untuk hari pengujian dilakukan pada hari senin, kamis, jumat, sabtu dan minggu. Nilai *Delay* paling baik didapatkan pada percobaan di hari sabtu siang dengan *Delay* sebesar 44ms dan nilai paling rendah didapatkan pada percobaan minggu siang dengan *Delay* sebesar 449ms. Maka Didapatkan rata-rata *Delay* sebesar 205 ms.



GAMBAR 14
(Grafik Pengujian *Delay*)

3. *Packet Loss*

Packet loss adalah suatu metrik yang mengindikasikan jumlah paket yang hilang dalam suatu kondisi atau situasi. Pengujian *packet loss* dilakukan menggunakan *software wireshark*. Pengujian *Packet Loss* dilakukan sebanyak 20 kali yang dibagi menjadi 4 waktu pengujian yaitu pagi, siang, sore, dan malam hari. Untuk hari pengujian dilakukan pada hari senin, kamis, jumat, sabtu dan minggu. Didapatkan rata-rata *Packet loss* sebesar 0,12 %. Nilai *Packet Loss* paling buruk didapatkan pada pengujian di hari kamis sore dengan nilai *Packet Loss* sebesar 1,52 %.



GAMBAR 15

(Grafik Pengujian *Packet Loss*)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap 3 parameter quality of service, didapatkan rata-rata seperti terlihat pada Tabel 3.

TABEL 3
(Analisis Hasil Pengujian Quality of Service)

Rata – Rata Throughput	Rata – Rata Delay	Rata – Rata Packet Loss
2063 kbps	205 ms	0,12 %

Rata-rata parameter quality of service yang diperoleh dapat dikategorikan memuaskan. Hal ini juga diperkuat dengan tidak adanya permasalahan fungsionalitas dan data pada sistem. Didapatkan juga waktu terbaik untuk menggunakan sistem ada pada Sabtu sore. Hal ini berdasarkan nilai throughput, delay, dan packet loss yang didapatkan. penundaan yang minim, dan kerugian paket data yang rendah. Selain itu, akhir pekan mengalami penurunan aktivitas bisnis yang berdampak positif terhadap pengurangan lalu lintas jaringan, biasanya disebabkan oleh akses karyawan ke sumber daya perusahaan. Selain itu, masyarakat lebih cenderung menggunakan waktu akhir pekan untuk hiburan dan rekreasi, seperti berinteraksi dengan teman atau keluarga, yang berkontribusi pada berkurangnya penggunaan bandwidth internet untuk keperluan bisnis. Meningkatnya aktivitas di dunia offline selama akhir pekan juga memberikan sedikit tekanan pada jaringan internet. Keseluruhan faktor ini menghasilkan peningkatan pengiriman data yang optimal pada hari Sabtu, terutama di sore hari.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa purwarupa pintu pintar yang telah diimplementasikan berjalan dengan baik. Pengujian quality of service yang dilakukan oleh penulis dapat dikatakan bahwa sistem yang dirancang lebih efektif untuk digunakan pada waktu sore di hari Sabtu. Hal ini berdasarkan nilai

throughput, delay, dan packet loss yang didapatkan. Kemudian, pada akhir pekan terjadi penurunan aktivitas bisnis yang berdampak positif pada pengurangan lalu lintas jaringan yang biasanya disebabkan oleh akses karyawan ke sumber daya perusahaan. Selain itu, masyarakat cenderung menghabiskan lebih banyak waktu di akhir pekan untuk hiburan dan rekreasi seperti pergi keluar bersama teman atau keluarga, yang berpengaruh terhadap berkurangnya penggunaan bandwidth internet untuk aktivitas bisnis. Saat aktivitas offline meningkat pada akhir pekan akan memberikan lebih sedikit tekanan pada jaringan internet. Semua faktor ini secara bersamaan menyebabkan pengiriman data menjadi lebih maksimal di hari Sabtu, sore hari.

REFERENSI

- [1] Plasida Arri Ape Pane Basabilik, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU KEDATANGAN TAMU BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," JEECOM J. Electr. Eng. Comput., vol. 9, pp. 110–116, 2021, doi: 10.33650/jeeecom.v5i1.5802.
- [2] E. Fajira, "Pengembangan Alat Kunci Pintu Menggunakan Rangkaian Penurun Arus," GRAVITASI J. Pendidik. Fis. dan Sains, pp. 11–19, 2020, [Online]. Available: <https://ejournalunsam.id/index.php/JPFS/article/view/2902%0Ahttps://ejournalunsam.id/index.php/JPFS/article/download/2902/2063>
- [3] R. L. Singgeta and P. D. K. Manembu, "IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING PENGGUNAAN AIR MINUM PADA MULTIPLE DISPENSER BERBASIS IoT," Rang Tek. J., vol. 4, no. 1, pp. 127–133, 2021, doi: 10.31869/rtj.v4i1.2248.
- [4] F. Fitriyono, G. H. Saputra, and A. Ancolo, "Studi Pemanfaatan Baterai Lithium 18650 Bekas Sebagai Penyimpan Energi Listrik Untuk Penerangan," J. Ilm. Tek. Elektro, vol. 4, no. 1, pp. 13–17, 2022, doi: 10.36269/jtr.v4i1.987.
- [5] M. Saleh and M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/141935-ID-perancangan-simulasi-sistem-pemantauan-p.pdf>
- [6] K. Dokic, Microcontrollers on the edge – is esp32 with camera ready for machine learning?, vol. 12119 LNCS. Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-51935-3_23.