

Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Web untuk Monitoring dan Analisis Waktu Transaksi Gerbang Tol Jakarta Berbasis RFID

1st Surya Dwi Permana
School of Electrical Engineering
Telkom University
Jakarta, Indonesia
Email:

suryabismillah@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Kamelia Quzwain
School of Electrical Engineering
Telkom University
Jakarta, Indonesia
Email:

kquzwain@telkomuniversity.ac.id

3rd Sevierda Raniprima
School of Electrical Engineering
Telkom University
Jakarta, Indonesia
Email:

sevierdar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kemacetan di gerbang tol akibat sistem manual menjadi masalah utama di Indonesia. Lonjakan kendaraan memperburuk inefisiensi dan dampak negatif pada ekonomi serta lingkungan. Mengatasi tantangan ini, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem identifikasi kendaraan otomatis berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID) UHF.

Sistem RFID Jalan Tol ini dirancang dengan integrasi hardware dan *software*. Perangkat keras meliputi desain antena tag RFID pasif UHF dan reader RFID RFD182-USB yang terhubung ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor, LCD, buzzer, dan servo. Data dibaca dan dikirim real-time ke server cloud Firebase. Aplikasi *mobile SpeedPay* dan *website* admin dikembangkan untuk interaksi pengguna dan manajemen data, termasuk fitur registrasi, top-up, riwayat, serta CRUD data admin dan kendaraan.

Hasil pengujian menunjukkan sistem yang efektif. Antena tag, meskipun ada perbedaan antara simulasi dan fabrikasi, tetap berfungsi. Reader mampu mendeteksi tag konsisten dari berbagai sudut, dan simulasi sinyal menunjukkan keunggulan modulasi BPSK. Aplikasi dan *website* berfungsi optimal dengan integrasi data real-time dan kepuasan pengguna yang tinggi (skor QoE 5). Sistem mencapai 99% *uptime*, menunjukkan stabilitas dan ketersediaan layanan yang baik. Meskipun jangkauan pembacaan fisik terbatas (8 cm), sistem ini menunjukkan potensi untuk mengoptimalkan transaksi tol.

Kata Kunci: RFID, UHF, Jalan Tol, Firebase, NodeMCU, Android Studio, CodeIgniter, Simulasi, *Quality of Experience* (QoE).

harus berhenti, melakukan transaksi manual, dan menunggu konfirmasi. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya antrian kendaraan dan menurunnya efisiensi waktu tempuh. Penerapan teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan RFID Tag, proses identifikasi kendaraan dan transaksi dapat dilakukan secara otomatis tanpa harus menghentikan kendaraan dalam waktu lama, sehingga durasi transaksi dapat berkurang secara signifikan.

Keberhasilan implementasi RFID tidak hanya bergantung pada perangkat keras seperti *tag* dan *reader*, tetapi juga memerlukan sistem informasi yang mampu mengelola data transaksi secara terpusat dan real-time. Sistem informasi ini dibutuhkan agar pihak pengelola dapat memantau performa transaksi, menganalisis durasi pembayaran, serta mengambil keputusan berbasis data untuk meningkatkan kualitas pelayanan.

Penelitian ini merupakan bagian dari pengembangan sistem RFID di gerbang tol Jakarta, di mana penulis berfokus pada pembuatan *website* sebagai pusat pengolahan dan penyajian data transaksi RFID. *Website* ini dirancang untuk menerima data dari perangkat pembaca RFID, menyimpannya dalam basis data terpusat, dan menampilkan informasi transaksi secara real-time melalui antarmuka yang ramah pengguna. Dengan adanya *website* ini, proses monitoring kinerja RFID di gerbang tol diharapkan menjadi lebih efektif, akurat, dan terintegrasi, sehingga mendukung tujuan utama yaitu mengurangi durasi waktu transaksi di gerbang tol.

I. PENDAHULUAN

Gerbang tol merupakan salah satu titik rawan kemacetan dalam sistem transportasi jalan tol, khususnya pada jam-jam sibuk. Proses pembayaran di gardu tol konvensional membutuhkan waktu relatif lama karena pengguna jalan

II. KAJIAN TEORI

Website adalah kumpulan halaman yang saling terhubung dan dapat diakses melalui jaringan internet menggunakan peramban (*browser*). Menurut Berners-Lee (1991), *website* dirancang untuk menyediakan informasi yang dapat diakses

secara global dengan memanfaatkan protokol *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Dalam konteks pengembangan sistem informasi, website berperan sebagai media untuk menampilkan, mengelola, dan memproses data secara interaktif.

Secara umum, website dibangun menggunakan tiga komponen utama, yaitu:

Front-end – bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna, biasanya dibangun menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript. Front-end bertugas menampilkan antarmuka dan menerima input dari pengguna.

Back-end – bagian yang berfungsi memproses permintaan pengguna, mengelola logika bisnis, dan berinteraksi dengan basis data. Umumnya menggunakan bahasa pemrograman seperti PHP, Python, atau Node.js.

Basis Data – tempat penyimpanan data yang digunakan oleh website. Basis data dapat berupa MySQL, PostgreSQL, atau MongoDB, tergantung kebutuhan sistem.

Berdasarkan fungsinya, website dapat dibedakan menjadi:

Website statis, di mana konten jarang berubah dan tidak membutuhkan interaksi pengguna.

Website dinamis, yang kontennya dapat berubah secara otomatis berdasarkan data dari basis data atau interaksi pengguna.

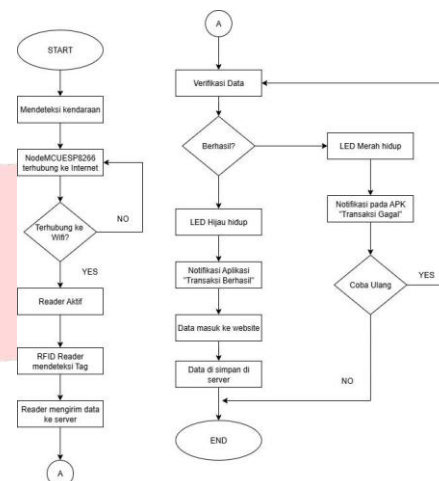
Dalam penelitian ini, website yang dikembangkan termasuk kategori website dinamis, karena menampilkan data transaksi RFID secara real-time dari gerbang tol. Website berperan sebagai antarmuka visual yang menghubungkan data dari perangkat pembaca RFID dengan pengguna, sehingga pihak pengelola tol dapat memantau durasi transaksi, jumlah kendaraan yang melintas, dan status pembayaran secara langsung.

III. METODE

Metodologi penelitian ini mencakup perancangan sistem, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta integrasi website untuk memantau transaksi RFID di gerbang tol secara real-time. Sistem ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu perangkat keras yang menangani proses pembacaan RFID Tag dan perangkat lunak yang mengelola data transaksi melalui server dan website.

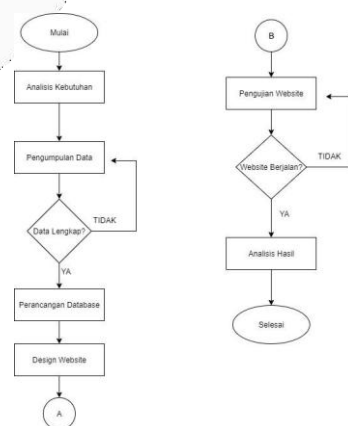
Proses diawali ketika kendaraan yang telah dilengkapi RFID Tag mendekati gerbang tol. Sensor atau modul pembaca RFID akan mendeteksi tag tersebut, kemudian NodeMCU ESP8266 memeriksa koneksi ke jaringan WiFi. Jika koneksi tersedia, modul akan mengaktifkan RFID Reader dan membaca data unik dari tag. Data tersebut dikirim ke server melalui protokol HTTP untuk dilakukan proses verifikasi.

Hasil verifikasi menentukan langkah selanjutnya. Jika data valid, LED hijau menyala sebagai indikator keberhasilan, sistem mengirimkan notifikasi “Transaksi Berhasil” ke aplikasi, dan data transaksi otomatis tersimpan di basis data yang terhubung dengan website. Sebaliknya, jika data tidak valid, LED merah menyala, notifikasi “Transaksi Gagal” dikirim, dan sistem memberikan opsi untuk mengulangi proses. Proses ini divisualisasikan pada flowchart yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1

Website berperan sebagai antarmuka visual yang menghubungkan data transaksi dari perangkat RFID ke pengguna. Website ini dirancang sebagai sistem informasi berbasis web yang mampu menampilkan data transaksi, status pembayaran, dan durasi waktu transaksi secara real-time. Proses pengembangannya diawali dengan analisis kebutuhan untuk menentukan fitur yang diperlukan, dilanjutkan dengan pengumpulan data dari perangkat RFID dan pihak pengelola tol. Data tersebut digunakan untuk merancang struktur basis data dan desain antarmuka website. Setelah pengembangan selesai, website diuji untuk memastikan semua fungsi berjalan sesuai kebutuhan. Jika ditemukan kendala, dilakukan perbaikan hingga website dapat dioperasikan secara optimal.



Gambar 2

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperoleh melalui serangkaian pengujian performa sistem yang dirancang untuk mengevaluasi kinerja baik pada sisi perangkat keras (alat) maupun perangkat lunak (sistem web). Pengujian dilakukan secara terstruktur dan berulang untuk memastikan setiap komponen sistem dapat berfungsi sesuai dengan perancangan awal, serta memenuhi standar kualitas yang berlaku. Fokus utama pengujian adalah untuk mengukur waktu tunda (delay), kecepatan respon sistem, dan kualitas pengalaman pengguna (Quality of Experience/QoE), yang menjadi indikator penting dalam menentukan kelayakan penggunaan sistem di lingkungan operasional nyata.

Selain itu, evaluasi juga diarahkan untuk memastikan bahwa performa yang dicapai telah sesuai dengan standar internasional yang relevan, salah satunya adalah rekomendasi ITU-T G.1010, yang memberikan pedoman batas toleransi delay pada berbagai jenis layanan komunikasi. Pengujian ini mencakup proses mulai dari pengambilan data di perangkat, pengiriman data ke server atau database, pemrosesan data pada sistem web admin, hingga penyajian informasi kepada pengguna.

Setiap hasil pengujian tidak hanya dianalisis berdasarkan angka-angka atau nilai pengukuran semata, namun juga ditinjau dari segi hubungan antarvariabel, konsistensi performa di berbagai skenario, serta dampaknya terhadap kenyamanan pengguna. Dengan demikian, hasil yang diperoleh mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang kehandalan, efisiensi, dan kualitas sistem, sekaligus menjadi dasar pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut.

A. Tabel Delay Perangkat ke Database

Pengujian ini bertujuan mengetahui seberapa cepat perangkat RFID reader dapat mengirim dan menerima data ke/dari database pusat setelah membaca tag kendaraan.

No	Jenis Data	Delay Aktual	Standar ITU-T G.1010 [63]	Keterangan
1	Transaksi Interaktif (validasi RFID)	198 ms	< 200 ms	Baik
2	Command/Control	200ms	< 250 ms	Baik
3	Log Otomatis (sensor kirim data berkala)	900 ms	< 1000 ms	Kurang baik (Kualitas Rendah)

Table 1 Delay Perangkat ke Database

Hasil menunjukkan bahwa transaksi interaktif seperti validasi RFID dan pengiriman perintah kontrol berada dalam kategori baik, dengan delay

di bawah standar maksimal. Namun, pengiriman log otomatis mendekati batas toleransi (900 ms dari batas 1000 ms), sehingga ada risiko penurunan *real-time update* bila lalu lintas data tinggi. Optimasi diperlukan agar stabil pada beban puncak.

B. Delay Sistem Web Admin

Pengujian ini mengukur waktu respon sistem web admin dari sisi server, eksekusi query database, transfer jaringan, hingga *page load time*.

Parameter	Delay Aktual	Rekomendasi ITU-T G1010	Keterangan
Server Response Time	150 ms	≤ 250 ms command/control	Acceptable✓
Database Query Execution Time	20 ms	≤ 50 ms interaktif/web app	Acceptable✓
Network Transfer Time	180 ms	≤ 200 ms interaktif	Acceptable✓
Total End-to-End Delay	± 350 ms	Ideal ≤ 500 ms maksimal 1000 ms	Acceptable✓
Page Load Time (Web)	$\pm 1,5$ detik	≤ 2 detik web interaktif	Acceptable✓

Table 2 Delay Perangkat ke Database

Semua parameter berada dalam batas **ideal**. Respon server dan query database tergolong cepat, menunjukkan backend yang efisien. *Page load time* $\pm 1,5$ detik masih di bawah batas 2 detik yang direkomendasikan Google PageSpeed, sehingga pengguna tidak akan merasakan kelambatan berarti.

C. Tabel Delay database - website

Evaluasi delay pada database website dilakukan dengan mengukur waktu respon server dari saat permintaan dikirim hingga data berhasil ditampilkan pada halaman web. Pengujian mencakup waktu respon server, durasi eksekusi query database, serta kecepatan transfer data melalui jaringan. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa seluruh parameter berada dalam batas toleransi yang direkomendasikan, sehingga akses data berlangsung cepat.

Parameter	Nilai Di Dapatkan	Toleransi Maksimal [63]
Rata-rata Delay	≤ 1 detik	Maksimal 3 detik
Response Time Web	$\leq 1,5$ detik	Maksimal 2 detik
Rendering Time	≤ 500 ms	Ideal tampilan < 1 detik
Data Freshness	Realtime (< 1 detik)	Maksimal 2 detik keterlambatan

Table 3 Pengujian delay database ke website

Berdasarkan hasil pengukuran pada empat parameter utama kinerja sistem, diperoleh bahwa rata-rata delay berada di bawah 1 detik, jauh di bawah ambang batas maksimal 3 detik yang direkomendasikan. Waktu respon web juga menunjukkan performa baik dengan nilai kurang dari 1,5 detik, lebih cepat dari standar maksimal 2 detik sehingga pengguna dapat mengakses halaman tanpa hambatan berarti. Proses rendering halaman web dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari 500 milidetik, jauh lebih cepat dari standar ideal 1 detik, yang mengindikasikan optimasi pada sisi tampilan berjalan dengan baik. Selain itu, tingkat kesegaran data berada pada mode real-time dengan waktu pembaruan kurang dari 1 detik, memastikan informasi yang

ditampilkan selalu terkini. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang stabil, cepat, dan efisien baik dari sisi backend maupun frontend, serta siap digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan respons cepat dan akurasi tinggi.

D. Evaluasi Quality of Experience (QoE)

Evaluasi QoE dilakukan dengan survei kepada pengguna setelah mencoba sistem web, mengukur aspek kenyamanan, kemudahan, dan estetika antarmuka.

Matrik QOE	Skala Penilaian	Nilai
Kecepatan Akses Halaman [66]	1 (Sangat Lamban) – 5 (Sangat Cepat)	5
Kemudahan Navigasi [67]	1 (Sangat Sulit) – 5 (Sangat Mudah)	4
Tampilan Antarmuka [68]	1 (Sangat Tidak Menarik) – 5 (Sangat Menarik)	5
Kejelasan Informasi [69]	1 (Sangat Tidak Jelas) – 5 (Sangat Jelas)	5

Table 4 Delay Perangkat ke Database

Hasil menunjukkan pengguna puas dengan kecepatan akses dan kejelasan informasi yang disajikan. Tampilan antarmuka mendapat nilai sangat baik, menandakan desain yang menarik dan fungsional. Satu-satunya area yang sedikit lebih rendah adalah kemudahan navigasi (nilai 4), yang bisa ditingkatkan melalui penyederhanaan menu atau penambahan fitur pencarian cepat.

E. Evaluasi Availability

Evaluasi ability dilakukan untuk mengukur kemampuan sistem dalam menjalankan fungsinya secara konsisten dan andal. Pengujian meliputi performa pengolahan data, ketahanan terhadap beban akses, serta kelancaran interaksi antar komponen sistem. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan baik tanpa gangguan berarti, serta mampu mempertahankan kinerja optimal pada kondisi penggunaan normal.

No	Waktu Transaksi	Jenis Transaksi	Delay (ms)	Status Akses
1	2025-07-30 10:33	TOPUP	140	Baik
2	2025-07-29 14:42	TARIK	160	Layak
3	2025-07-29 14:41	TAP_IN	220	Layak
4	2025-07-29 14:41	TARIK	240	Tidak Layak
5	2025-07-29 14:41	TAP_IN	410	Tidak Layak
6	2025-07-29 14:40	TARIK	150	Layak
7	2025-07-29 14:39	TOPUP	145	Baik

Table 5 Evaluasi Availability

Dari hasil pengujian transaksi, sebagian besar delay berada pada kategori baik hingga layak, dengan nilai antara 140 ms hingga 240 ms. Namun, terdapat beberapa transaksi dengan delay di atas 400 ms yang masuk kategori tidak layak, seperti pada transaksi TAP_IN tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa secara umum sistem memiliki performa yang stabil, namun masih diperlukan optimasi untuk mencegah lonjakan delay pada kondisi tertentu.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, sistem yang dikembangkan, baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak (web admin), menunjukkan kinerja yang baik serta memenuhi

standar yang berlaku, khususnya rekomendasi ITU-T G.1010. Pengujian delay perangkat ke database dan sistem web admin menunjukkan bahwa sebagian besar transaksi berada dalam kategori *layak hingga baik*, dengan waktu respon yang masih di bawah ambang batas toleransi. Parameter performa seperti rata-rata delay, *response time* web, *rendering time*, dan *data freshness* mengindikasikan bahwa sistem mampu beroperasi secara real-time dengan kecepatan dan keandalan yang memadai.

Evaluasi *Quality of Experience* (QoE) memberikan hasil positif pada aspek kecepatan akses, kemudahan navigasi, tampilan antarmuka, dan kejelasan informasi. Hasil evaluasi *ability* menegaskan bahwa sistem mampu menjalankan fungsinya secara konsisten tanpa gangguan berarti. Dengan demikian, sistem dinilai layak digunakan pada kondisi operasional nyata. Meskipun demikian, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk mengoptimalkan pengiriman log otomatis, meningkatkan keamanan data, menambahkan fitur notifikasi real-time, mengembangkan versi mobile, serta melakukan pengujian skala besar untuk menilai performa pada beban puncak.

REFERENSI

- [1] Korps Lalu Lintas Polri, *Statistik Lalu Lintas dan Angkutan Jalan 2021*. Jakarta, Indonesia: Korlantas Polri, 2022.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 2019–2022*. Jakarta, Indonesia: BPS, 2023.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Laporan Kinerja Pembangunan Infrastruktur Jalan Tol*. Jakarta, Indonesia, 2019.
- [5] Kementerian Perhubungan, *Studi Dampak Kemacetan terhadap Ekonomi dan Lingkungan*. Jakarta, Indonesia, 2018.
- [11] Kementerian Perhubungan RI, *Laporan Analisis Dampak Kemacetan pada Infrastruktur Jalan Nasional*. Jakarta, Indonesia, 2021.
- [16] Jasa Marga, *Laporan Tahunan 2022: Inovasi untuk Mobilitas Berkelanjutan*. Jakarta, Indonesia, 2023.
- [17] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020–2024*. Jakarta, Indonesia, 2022.
- [18] D. Kusumawaty and B. H. Susilo, "Analisis kemacetan lalu lintas di Jalan M.H. Thamrin Kota Tangerang," *J. Rekayasa Lingkungan Terbangun Berkelanjutan*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2020.
- [19] M. A. Fatkhurrahman, W. A. Syafei, and D. Darjat, "Perancangan prototipe sistem gerbang tol cerdas berbasis RFID dan notifikasi pembayaran via social messenger," *TRANSIENT*, vol. 6, no. 3, pp. 298–305, 2017.
- [20] A. Juels, "RFID security and privacy: A research survey," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 24, no. 2, pp. 381–394, 2006.
- [21] R. Handika, H. Widyastuti, and C. Buana, "Evaluasi kinerja dan pelayanan gerbang tol," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. E224–E229, 2020.
- [22] W. Wulandari and H. Widyastuti, "Evaluasi tingkat pelayanan gerbang tol Kapuk," *J. Tek. ITS*, vol.

9, no. 1, pp. E42–E47, 2020.

[23] Y. P. Atmojo, W. A. Syafei, and I. Setiawan, “Simulasi sistem pembayaran retribusi jalan tol berbasis RFID,” *TRANSIENT*, vol. 2, no. 3, pp. 569–576, 2013.

[26] R. Want, “An introduction to RFID technology,” *IEEE Pervasive Comput.*, 2006.

[27] F. Klaus, *RFID Handbook*, 2nd ed. 2003.

[28] D. M. Dobkin, *The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice*. Newnes, 2012.

[29] G. Marrocco, “The art of UHF RFID antenna design,” *IEEE Antennas Propag. Mag.*, 2008.

[30] Y. Li and P. Zhuang, “RFID based electronic toll collection system design and implementation,” in *Proc. Lecture Notes Inst. Comput. Sci. Soc. Inform. Telecommun. Eng.*, 2018, pp. 635–640.

[31] R. Pan et al., “An RFID tag movement trajectory tracking method,” *Sensors*, vol. 23, no. 15, p. 7001, 2023.

[32] K. V. S. Rao, P. V. Nikitin, and S. F. Lam, “Antenna design for UHF RFID tags,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 2005.

[33] S. Bhaskar and A. K. Singh, “A compact meander line UHF RFID antenna,” *Prog. Electromagn. Res. M*, vol. 99, pp. 57–67, 2021.

[37] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, 3rd ed. Wiley, 2010.

[38] A. Lazaro, R. Villarino, and D. Girbau, “UHF RFID passive tag detection,” *IEEE Trans. Microw. Theory Techn.*, vol. 61, no. 8, pp. 2982–2994, 2013.

[39] R. Bhattacharyya, C. DiNatale, and D. W. Engels, “Analysis of power delivery and range in passive UHF RFID systems,” *IEEE RFID J.*, vol. 3, pp. 33–41, 2009.

[42] ISO/IEC 18000-63:2015, *Information technology – RFID for item management – Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz Type C*, 2015.

[50] F. N. Azhari and S. Sutarman, “Transforming SME operations with real-time mobile POS and Firebase integration,” *Int. J. Sci. Technol. Manage.*, vol. 5, no. 2, pp. 50–56, 2024.

[51] K. Budiman, *Rekayasa Perangkat Lunak untuk Mahasiswa Ilmu Komputer*. 2022.

[52] M. Zhafari, “Rancang bangun sistem informasi inventory berbasis web,” 2022.

[62] T. Hoßfeld and P. E. Heegaard, “Deriving QoE in systems,” *Qual. User Exp.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–23, 2020.

[63] ITU-T, *Recommendation G.1010: End-user multimedia QoS categories*. Geneva, 2001.

[64] ITU-T, *Recommendation G.114: One-way transmission time*. Geneva, 2003.

[65] D. Rossi et al., “The web, the users, and the MOS,” in *Passive and Active Measurement*, 2017, pp. 57–69.

[66] F. A. Latief, N. C. Wulandari, and S. Mallu, “Analisis kinerja website Telkom Akses menggunakan Pingdom Tools,” *J. Informatika Progres*, vol. 16, no. 2, pp. 7–11, 2024.

[67] J. Fisher et al., “A usability instrument for evaluating websites,” in *Proc. OZCHI*, 2004, pp. 1–12.

[68] B. Bauman and P. Seeling, “Visual interface evaluation for wearables datasets,” *Future Internet*, vol. 9, no. 3, art. 40, 2017.

[69] I. Wahyuni, “Analisis pengalaman pengguna sistem informasi puskesmas menggunakan metode UEQ,” *J. Teknoinfo*, vol. 17, no. 1, pp. 45–52, 2023..