



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 1832-1839

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Penerapan Metode Rapid Application Development dalam Pengembangan Sistem Informasi Sekolah Berbasis Website

Romi Andrianto, Muhamad Arief Yulianto

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang, Indonesia, 15417

dosen02391@unpam.ac.id, dosen02547@unpam.ac.id

Abstrak

Kemajuan teknologi digital yang berkembang pesat mendorong institusi pendidikan untuk menyediakan informasi yang tepat, akurat, dan mudah diakses oleh berbagai pihak. Sekolah tidak hanya berfungsi sebagai penyelenggara pembelajaran, tetapi juga sebagai sumber informasi bagi peserta didik, calon peserta didik, orang tua, pendidik, dunia usaha dan industri, serta pemangku kepentingan lainnya. Ketersediaan sistem informasi yang baik menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas layanan dan daya saing sekolah di era digital. Saat ini, SMK PUSTEK Serpong masih memanfaatkan sistem informasi yang kurang lengkap dan responsif, sehingga mengurangi efektivitas dalam penyampaian informasi serta interaksi dengan pengguna. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem informasi sekolah yang modern, terintegrasi, informatif, serta responsif guna meningkatkan mutu layanan informasi dan membangun citra positif sekolah. Sistem yang dirancang meliputi fitur profil sekolah, informasi kelulusan, berita dan pengumuman, serta layanan perpustakaan digital dengan antarmuka yang mudah digunakan dan dapat diakses melalui berbagai perangkat. Metode Rapid Application Development (RAD) diterapkan dalam proses pengembangan dengan menekankan kecepatan, fleksibilitas, dan partisipasi pengguna secara aktif. Diharapkan, sistem yang dihasilkan mampu mempermudah akses informasi, meningkatkan efektivitas komunikasi antara sekolah dan seluruh pemangku kepentingan, serta mendukung keberlanjutan transformasi digital di bidang Pendidikan serta penelitian ini diharapkan memberi kontribusi yang praktis dan berkelanjutan untuk sekolah.

Kata kunci: Sistem Informasi, website, Rapid Application Development (RAD)

1. Latar Belakang

Sistem pendidikan di Indonesia mengalami perkembangan pesat yang ditandai dengan peningkatan jumlah sekolah, siswa, dan kompleksitas proses belajar mengajar [1]. Salah satu bidang yang mengalami perkembangan pesat di era modern ini adalah teknologi informasi, khususnya teknologi internet [2]. Perkembangan teknologi digital menuntut sekolah sebagai lembaga pendidikan formal untuk menyediakan informasi yang cepat, akurat, dan mudah diakses oleh seluruh pemangku kepentingan, termasuk siswa, orang tua, calon siswa, guru, dunia usaha dan industri, serta mahasiswa PPL/ magang. Pemanfaatan sistem informasi sekolah yang modern dan terintegrasi menjadi sarana strategis untuk meningkatkan transparansi, efisiensi komunikasi, serta citra institusi pendidikan di masyarakat. Namun, pada kenyataannya masih banyak sekolah yang menggunakan sistem informasi yang usang, tidak responsif, dan kurang informatif. Kondisi tersebut juga dialami oleh SMK PUSTEK Serpong, yang masih mengandalkan sistem berbasis HTML statis dengan pembaruan informasi yang terbatas. Akibatnya, pengguna mengalami kesulitan dalam mengakses informasi penting seperti program keahlian, fasilitas sekolah, prosedur penerimaan siswa baru, biaya administrasi, informasi kelulusan, berita sekolah, hingga sumber pembelajaran digital. Selain itu, sistem yang tidak responsif terhadap perangkat mobile dan tidak terintegrasi semakin menghambat efektivitas penyampaian informasi. Institusi pendidikan dituntut untuk selalu beradaptasi dengan kemajuan teknologi agar mampu menyediakan layanan yang berkualitas [3]. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan sistem informasi sekolah yang modern, responsif, dan terintegrasi sebagai pusat informasi utama. Sistem yang dirancang untuk menyediakan informasi profil sekolah, kelulusan siswa, berita dan pengumuman, serta perpustakaan digital yang dapat diakses secara daring. Website menjadi sangat penting dalam menyediakan informasi dan memfasilitasi interaksi dengan cara yang praktis dan efisien [4]. Segala informasi dari sekolah dapat lebih mudah disosialisasikan secara melalui platform digital ini [5]. Dengan desain antarmuka yang ramah pengguna dan responsif terhadap berbagai perangkat, sistem diharapkan mampu meningkatkan kualitas layanan informasi dan memperkuat komunikasi antara sekolah dan seluruh pemangku kepentingan. Melalui

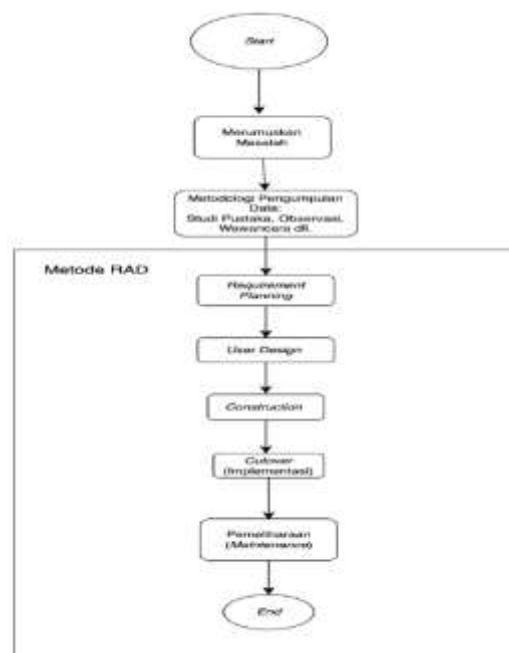
pemanfaatan teknologi informasi di bidang pendidikan memberikan berbagai jenis informasi Pendidikan yang dapat diakses dengan mudah dan cepat [6].

Pengembangan sistem informasi sekolah ini menggunakan metode Rapid Application Development (RAD) yang menekankan kecepatan dan fleksibilitas dalam proses pengembangan. Metode RAD digunakan karena metode ini memiliki tahapan-tahapan terstruktur dan pembangunan perangkat lunak memungkinkan dijalankan dalam waktu lebih cepat dengan cara menekankan ke siklus waktu lebih pendek [7]. Dengan pendekatan RAD yang iteratif dan berorientasi pengguna, waktu pengembangan sistem informasi dapat dipersingkat[8]. Metode RAD memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif dan inkremental dengan melibatkan pengguna secara langsung, sehingga sistem yang dihasilkan lebih sesuai dengan kebutuhan nyata dan dapat diimplementasikan dalam waktu yang relatif singkat. Pendekatan ini dinilai tepat untuk mendukung pengembangan sistem informasi sekolah yang dinamis dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

2. Metode Penelitian

Tahapan Penelitian

Dalam perancangan aplikasi berbasis website ini, penulis menggunakan metode Rapid Application Development (RAD). Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi identifikasi permasalahan serta pengumpulan data melalui studi pustaka, observasi, dan wawancara. Selanjutnya, proses pengembangan sistem dilakukan dengan menerapkan tahapan RAD yang mencakup perencanaan kebutuhan, perancangan sistem, konstruksi, implementasi, pemeliharaan, serta perancangan antarmuka yang ditampilkan dalam bagan alir berikut.



Gambar 1. Metode Pengembangan Sistem

a. Requirement Planning

Melakukan rapat dengan pemangku kepentingan untuk memahami tujuan proyek dan merumuskan kebutuhan fungsional serta non-fungsional, kemudian menyusunnya dalam dokumen spesifikasi proyek. Pengumpulan data sangat dibutuhkan oleh peneliti untuk memperoleh data-data penelitian sehingga meminimalkan waktu dan biaya [9].

b. User Design

Menyusun prototipe awal berdasarkan analisis kebutuhan, melakukan evaluasi bersama pengguna, serta menyempurnakan desain secara berulang hingga memperoleh persetujuan, serta diharapkan dapat menghasilkan aplikasi dengan desain yang lebih modern, *user friendly* dan *responsive* ketika dipergunakan [10].

- c. Construction
Mengembangkan sistem secara bertahap melalui modul-modul kecil, disertai proses pengkodean, pengujian unit dan integrasi, serta kolaborasi intensif antar tim. Jika prosesnya berjalan dengan baik, maka dapat berlanjut ke tahap berikutnya, namun jika aplikasi yang dikembangkan tidak memenuhi persyaratan, programmer kembali ke tahap desain sistem [11].
- d. Cutover
Melakukan pengujian akhir, migrasi data dari sistem lama, serta memberikan pelatihan dan dokumentasi kepada pengguna sebelum sistem digunakan secara penuh.
- e. Maintenance
Melakukan pemeliharaan rutin setelah sistem diluncurkan, meliputi pemantauan, perbaikan, pembaruan fitur, peningkatan keamanan, dan penyesuaian kebutuhan.
- f. Design Interface
Merancang antarmuka yang mudah digunakan dan nyaman agar interaksi pengguna dengan sistem menjadi lebih efektif dan efisien.

Tahapan Pengujian

Dalam penelitian ini, kualitas perangkat lunak dievaluasi menggunakan model ISO/IEC 25010, yang merupakan pengganti dari ISO/IEC 9126 dalam rekayasa perangkat lunak. Fokus penilaian ditujukan pada lima karakteristik kualitas utama, yaitu:

- a. Kecocokan Fungsional (Functional Suitability)
Kecocokan fungsional menilai Sejauh mana perangkat lunak mampu menyediakan fungsi yang memenuhi kebutuhan yang dapat digunakan dalam kondisi tertentu[12]. Subkarakteristik yang diperiksa meliputi kelengkapan fungsi (functional completeness), ketepatan fungsi (functional correctness), dan kesesuaian fungsi (functional appropriateness). Perangkat lunak dikategorikan baik apabila nilai pengukuran fungsi mendekati 1.

Rumus: $X = I/P$

Keterangan:

P : Jumlah fungsi yang dirancang

I : Jumlah fungsi yang berhasil diimplementasikan

- b. Efisiensi Kinerja (Performance Efficiency)
Efisiensi kinerja mengukur seberapa efektif sistem menggunakan sumber daya yang tersedia. Subkarakteristik yang dievaluasi mencakup perilaku waktu (*time behaviour*), pemanfaatan sumber daya (*resource utilization*), dan kapasitas (*capacity*). Standar yang ditetapkan adalah waktu respons halaman tidak melebihi 7 detik.
- c. Kegunaan (Usability)
Kegunaan menunjukkan kemudahan pengguna dalam mengoperasikan sistem untuk mencapai tujuan tertentu. Subkarakteristiknya meliputi kemudahan pengenalan fungsi (*appropriateness recognisability*), kemampuan belajar (*learnability*), operabilitas (*operability*), perlindungan terhadap kesalahan pengguna (*user error protection*), estetika antarmuka pengguna (*user interface aesthetics*), dan aksesibilitas (*accessibility*). Kriteria “layak” digunakan sebagai acuan untuk menilai aspek ini.

Rumus:

Skor peroleh = $(JSS \times 5) + (JS \times 4) + (JKS \times 3) + (JTS \times 2) + (JSTS \times 1)$

Skor maksimal = $JP \times JR \times 5$

Keterangan:

JSS : Jumlah responden menjawab Sangat Setuju
JS : Jumlah responden Setuju
JKS : Jumlah responden Kurang Setuju
JTS : Jumlah responden Tidak Setuju
STS : Jumlah Sangat Tidak Setuju
Jp : Jumlah pertanyaan
Jr : Jumlah responden

Setelah skor peroleh didapatkan kemudian mencari persentase untuk mendapatkan interpretasi hasil pengujian usability menggunakan rumus:

$$X = \frac{\text{Skorperoleh}}{\text{Skormaksimal}} \times 100\%$$

d. Keandalan (Reliability)

Keandalan menilai kemampuan sistem untuk menjalankan fungsinya secara konsisten dalam jangka waktu tertentu. Subkarakteristik yang diperiksa adalah kematangan sistem (maturity) dan toleransi terhadap kesalahan (fault tolerance).

e. Portabilitas (Portability)

Portabilitas mengukur kemampuan perangkat lunak untuk beradaptasi dengan perangkat keras, perangkat lunak, atau lingkungan yang berbeda. Subkarakteristik yang diuji adalah kemampuan adaptasi (adaptability). Sistem dinyatakan baik apabila dapat dijalankan pada berbagai browser, perangkat keras, dan sistem operasi tanpa kendala.

3. Hasil dan Diskusi

Hasil dari penelitian ini berupa sebuah sistem berbasis website yang menyediakan layanan informasi sekolah. Dalam pemanfaatannya, website banyak sekali digunakan sebagai bentuk penyampaian informasi yang tepat sasaran [13]. Website ini menyajikan berbagai informasi yang bermanfaat bagi pengguna yang ingin mengetahui hal-hal terkait tentang sekolah. Tampilan website dirancang untuk memfasilitasi interaksi antara pengguna dan sistem. Berikut ini dijelaskan fungsi dari menu-menu yang tersedia, serta beberapa fitur yang dapat diakses oleh pengguna aplikasi (user):

a. Halaman Utama Website



Gambar 2. Halaman Utama Website

Terdapat berbagai menu yang dapat di akses oleh user diantaranya halaman Beranda yang menampilkan beberapa informasi mengenai SMK PUSTEK Serpong dengan ramah pengguna dan responsive diantaranya sambutan Kepala Sekolah, Fasilitas, Ekstrakurikuler, Program Kerjasama dengan berbagai Dunia usaha dan

dunia Industri. Halaman Profil yang menampilkan identitas dari Sekolah baik dari Jumlah guru, karyawan, siswa, Identitas Sekolah, Visi dan Misi, Para pengurus Yayasan serta struktur Organisasi. Halaman Kompetensi yang menampilkan beberapa program keahlian yang tersedia di sekolah, Halaman Video yang menampilkan beberapa video tentang sekolah seperti Video Fasilitas, SPMB, Dokumentasi kegiatan, dan lain-lain. Terdapat Juga halaman Guru yang menampilkan bapak ibu Guru sesuai dengan kompetensi keahlian dalam mengajar, halaman Galleri yang menampilkan beberapa Foto kegiatan sekolah, lalu halaman Kontak yang menampilkan lokasi dan kontak sekolah yang dapat dihubungi.

b. Halaman Pilihan



Gambar 3. Halaman Pilihan

Halaman Pilihan merupakan opsi yang tersedia Ketika user ingin mengkases halaman seperti Berita tentang aktivitas sekolah, dokumentasi kegiatan sekolah, Perpustakaan Digital (E-Perpus), Informasi SPMB, serta informasi kelulusan siswa.

c. Halaman Berita



Gambar 4. Halaman Berita

Halaman Berita merupakan halaman untuk sekolah dalam memberikan informasi kepada seluruh warga sekolah dan masyarakat luas berupa aktivitas sekolah, edukasi, teknologi, informasi sekolah, informasi SPMB, Prestasi siswa dan kreativitas siswa di sekolah.

d. Halaman Perpustakaan Digital (E-Perpus)



Gambar 5. Halaman Perpustakaan Digital (E-Perpus)

Penelitian mengaplikasikan metode ISO/IEC 25010 untuk mengevaluasi website sistem informasi sekolah dengan pengujian sebagai berikut:

- a. Instrumen functional suitability
Pengujian kesesuaian fungsional dilakukan dengan memanfaatkan test case dan skala Gutman untuk menilai apakah sistem informasi berjalan sesuai ekspektasi. Evaluasi ini melibatkan 5 guru dan 15 siswa SMK PUSTEK Serpong melalui angket. Interpretasi hasil didasarkan pada nilai yang mendekati 1, yang menandakan jumlah fitur yang berhasil dijalankan. Sistem dianggap baik jika nilai mendekati 1.
- b. Instrumen performance efficiency
Efisiensi kinerja diuji dengan mengakses situs web sistem informasi SMK PUSTEK Serpong. Proses pengujian memerlukan alamat website, server terdekat, dan autentikasi jika diperlukan. Standar waktu muat halaman menurut Aptimize (2010) adalah kurang dari 7 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa situs dapat diakses dan digunakan dalam waktu kurang dari 7 detik dengan koneksi jaringan yang stabil.
- c. Instrumen Usability
Pengujian usability dilakukan menggunakan USE Questionnaire yang diisi oleh 30 siswa setelah menggunakan sistem. Kuesioner ini menilai empat aspek: kegunaan, kemudahan penggunaan, kemudahan belajar, dan kepuasan pengguna, menggunakan skala Likert 5 poin. Hasil pengujian menunjukkan skor 93,6%, yang termasuk kategori “layak” sesuai Tabel 1.

Hasil dari kuesioner memperoleh hasil sebagai berikut:

Skor peroleh = 4.212
Skor maksimal = 4500

Setelah skor peroleh didapatkan kemudian mencari persentase untuk mendapatkan interpretasi hasil pengujian usability menggunakan rumus:

$$P = \frac{\text{Skor peroleh}}{\text{Skor max}} \times 100\%$$

Hasil yang diperoleh adalah : 93.6 %

Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil persentase yang diperoleh dengan tabel 1 Aspek usability dikatakan baik jika hasil presentase menunjukkan pada kriteria “layak”.

Tabel 1. Kategori Penilaian Usability

Hasil Persentase	Kriteria Kelayakan
0% - 20%	Sangat kurang layak
21% - 40%	Kurang layak
41% - 60%	Cukup layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat Layak

d. Instrumen Reliability

Keandalan sistem diuji dengan perangkat lunak WAPT 10.0 untuk mengukur performa sistem di bawah kondisi beban. WAPT merupakan salah satu aplikasi yang digunakan untuk melakukan pengujian beban dan kinerja website, serta untuk mengidentifikasi masalah keamanan dan kinerja [14]. Pengujian berlangsung selama 10 menit dengan 20 pengguna simultan, merekam sesi dan halaman yang diakses. Hasil dianalisis dalam bentuk persentase sukses dan gagal. menurut standar Telcordia, perangkat lunak dianggap memiliki reliabilitas yang dapat diterima jika tingkat keberhasilannya mencapai lebih dari 95% atau 0,95 [15].

e. Instrumen Portability

Pengujian portability dilakukan dengan menjalankan sistem pada berbagai browser, termasuk Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox, UC Browser, dan Opera Mini. Evaluasi didasarkan pada kesesuaian tampilan halaman tanpa terjadi kesalahan (error). Hasil menunjukkan sistem berfungsi 100% sesuai target dan dikategorikan Grade “A”.

Tabel 2. Kategori Penilaian portability

Score	Grade
90-100	A
80-89	B
70-79	C
<69	D

4. Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan terkait hubungan dengan sistem yang dikembangkan, diantaranya perkembangan teknologi digital menuntut sekolah untuk memiliki sistem informasi yang mutakhir, terintegrasi, dan mudah diakses sebagai media utama dalam menyampaikan informasi kepada seluruh pemangku kepentingan. Sistem informasi yang tidak diperbarui, kurang responsif, atau minim informasi dapat menghambat komunikasi dan menurunkan kualitas layanan informasi sekolah. Sistem informasi lama di SMK PUSTEK Serpong yang masih bersifat statis dan kurang ramah pengguna menyebabkan kesulitan bagi siswa, orang tua, calon siswa, mitra industri, dan pihak terkait lainnya dalam mendapatkan informasi penting mengenai sekolah. Oleh karena itu, pengembangan sistem informasi sekolah yang responsif, informatif, dan mudah digunakan menjadi kebutuhan yang mendesak. Penggunaan metode Rapid Application Development (RAD) dalam pengembangan sistem informasi sekolah dianggap tepat karena mampu mempercepat proses pengembangan, fleksibel terhadap perubahan kebutuhan pengguna, dan memungkinkan sistem segera diuji serta disempurnakan secara berkelanjutan. Dengan adanya sistem informasi yang modern, sekolah dapat meningkatkan kualitas layanan, reputasi institusi, dan efektivitas pengelolaan informasi.

Referensi

- [1] Gilang Dwi Fahri Harahap, Muhammad Khaibar Putra Adithia, Saiful Amir, and Mardiah, “Perancangan Sistem Informasi Akademik Dengan Menggunakan Metode Rapid Application Development (RAD) Berbasis Website,” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 215–223, 2024, doi: 10.70340/jirsi.v3i3.145.
- [2] S. N. Riana and T. Anggoro, “Implementasi Sistem Informasi Berbasis Web pada CV Indo Karyatama Perkasa Somagede Menggunakan Model RAD,” *J. IPTEK Bagi Masy.*, vol. 4, no. 2, pp. 191–199, 2024, doi: 10.55537/j-ibm.v4i2.1088.
- [3] A. I. Anshori, M. N. Falah, S. Aisah, and U. M. Wulandari, “Implementasi Metode Rapid Application Development (RAD) pada Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web di SMK Nusantara 1 Comal,” *RIGGS J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 3, pp. 1648–

- 1654, 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i3.2208.
- [4] A. N. Hapsari and M. N. L. Azis, "Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen PRAKERIN Berbasis Web Menggunakan Metode Rapid Application Development," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 578–585, 2024, doi: 10.47709/digitech.v4i1.4406.
- [5] M. Rijal *et al.*, "Implementasi Sistem Informasi Menggunakan Metode Rapid Application Development (Rad) Pada Sd Sekolah Dasar Inpres Bangkala 3," *Indones. J. Intellect. Publ.*, vol. 3, no. 1, pp. 12–16, 2024.
- [6] E. Sofiati, "Implementasi Metode Rapid Application Development (Rad) Dalam Perancangan Sistem Informasi Bimbingan Konseling Di Smkn 1 Sijunjung," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 8, no. 2, p. 437, 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i2.1318.
- [7] S. Mulyati, A. Herdiansah, R. Taufiq, D. Y. Prianggodo, and S. Bukhori, "Implementasi Rapid Application Development (Rad) Studi Kasus Pengembangan Sistem Informasi Sekolah Yayasan Al Abaniyah," *JIKA (Jurnal Inform.)*, vol. 8, no. 2, p. 156, 2024, doi: 10.31000/jika.v8i2.10268.
- [8] M. Amin, M. Maskur, and W. Suharso, "Rancang Bangun Sistem Informasi Rekam Medis Menggunakan Model Rapid Application Development (RAD)," *J. Repos.*, vol. 2, no. 2, pp. 179–187, 2024, doi: 10.22219/repositor.v2i2.30461.
- [9] R. Restu Kusuma, H. Maulana, and R. Dwicahya Supriatman, "Sistem Informasi Manajemen Inventaris Berbasis Web Di Panada Coffee Menggunakan Metode Rapid Application Development," *J. Mhs. Sist. Inf. Galuh*, vol. 2, no. 1, pp. 202–213, 2025, doi: 10.25157/jmsig.v2i1.5450.
- [10] Q. Jafar Adrian, R. Nur Devija, and Setiawansyah, "Penerapan Sistem Informasi Administrasi Perpustakaan Menggunakan Model Desain User Experience," *J. Manaj. Inform.*, vol. 11, no. 1, pp. 24–36, 2021, doi: 10.34010/jamika.v11i1.
- [11] S. Maria, M. Muhammad, V. S. Gunawan, and M. Mukhtar, "Implementasi Sistem Informasi Administrasi Pembayaran SPP Pada SDIT Darul Hikmah Metode Rapid Application Development (RAD)," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 6, no. 3, pp. 562–568, 2024, doi: 10.47233/jteksis.v6i3.1352.
- [12] W. Alexandra, "Penerapan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android Untuk Pembelajaran Rantai Makanan Pada Hewan," *J. Inform. dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 3, no. 1, pp. 107–116, 2022, doi: 10.33365/jatika.v3i1.1864.
- [13] W. Andriyan, S. Septiawan, and A. Aulya, "Jurnal Teknologi Terpadu PERANCANGAN WEBSITE SEBAGAI MEDIA INFORMASI DAN PENINGKATAN," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 6, no. 2, pp. 79–88, 2020.
- [14] R. Agisha, S. Nurazizah, and I. Yustiana, "Evaluasi website," vol. 9, no. 1, pp. 79–89, 2024.
- [15] S. Dermawan, A. A. Hisyam, E. K. Untoro, B. Butar Butar, and W. T. Atmojo, "Implementasi Software Quality Assurance Pada Website Praditainfo Menggunakan Model Iso 9126," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, pp. 1784–1798, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6592.