

PENGEMBANGAN APLIKASI E-LEARNING VIRTUAL SMART MENGUNAKAN BOOTSTRAP UNTUK DIGITALISASI PEMBELAJARAN DI SMK AZZAHRA NUSANTARA

Yayan Ahyani, Ahmad Munawir, Mochammad Darip

Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Bangsa
ahmadmunawir@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi mendorong transformasi digital dalam dunia pendidikan, termasuk penerapan sistem pembelajaran berbasis e-learning. SMK Azzahra Nusantara masih menghadapi kendala dalam pengelolaan pembelajaran, seperti distribusi materi, pencatatan presensi, dan pengolahan nilai yang dilakukan secara manual sehingga kurang efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi Virtual Smart E-Learning berbasis web menggunakan framework Bootstrap untuk mendukung digitalisasi pembelajaran. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Waterfall, meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Aplikasi dikembangkan menggunakan PHP, MySQL, dan Bootstrap sehingga memiliki antarmuka yang responsif pada berbagai perangkat. Pengujian sistem dilakukan menggunakan Black Box Testing, sedangkan evaluasi kemudahan penggunaan dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) terhadap 20 responden yang terdiri atas 2 guru dan 18 siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh fungsi aplikasi berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100% pada pengujian Black Box. Selain itu, aplikasi memperoleh skor rata-rata 81,88 pada pengujian SUS yang termasuk kategori Acceptable dengan predikat Excellent (Grade A). Dengan demikian, aplikasi Virtual Smart E-Learning layak diimplementasikan sebagai media digitalisasi pembelajaran di SMK Azzahra Nusantara.

Kata Kunci : *Bootstrap, E-Learning, Black Box Testing, System Usability Scale, Digitalisasi Pembelajaran.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan yang signifikan dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk sektor pendidikan. Transformasi digital mendorong lembaga pendidikan untuk memanfaatkan teknologi sebagai media pembelajaran yang mampu meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta fleksibilitas proses belajar mengajar. Pemanfaatan teknologi melalui sistem pembelajaran elektronik (e-learning) memungkinkan peserta didik memperoleh materi pembelajaran tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, adaptif, dan berorientasi pada kebutuhan peserta didik [1].

E-learning merupakan salah satu bentuk implementasi digitalisasi pendidikan yang mengintegrasikan teknologi informasi ke dalam proses pembelajaran. Melalui platform e-learning, guru dapat mendistribusikan materi, memberikan tugas, melaksanakan evaluasi, serta memantau perkembangan belajar siswa secara daring. Sementara itu, siswa dapat mengakses materi pembelajaran secara mandiri, mengerjakan tugas, serta melihat hasil evaluasi secara lebih cepat dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional [2].

Meskipun perkembangan teknologi pendidikan berlangsung sangat pesat, implementasinya di berbagai sekolah masih menghadapi berbagai kendala. Salah satunya terjadi di SMK Azzahra Nusantara, dimana proses pembelajaran masih didominasi oleh metode konvensional. Distribusi

materi dilakukan secara tatap muka, pencatatan presensi masih dilakukan secara manual, sedangkan pengelolaan nilai dan administrasi pembelajaran belum terintegrasi dalam satu sistem. Kondisi tersebut menyebabkan proses administrasi akademik menjadi kurang efisien, meningkatkan risiko kehilangan data, memperbesar kemungkinan terjadinya human error, serta menyulitkan siswa dalam memperoleh materi pembelajaran di luar jam sekolah.

Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya pengembangan sistem pembelajaran berbasis web yang mampu mengintegrasikan berbagai aktivitas akademik ke dalam satu platform. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah framework Bootstrap yang menyediakan komponen antarmuka responsif sehingga aplikasi dapat diakses secara optimal melalui komputer maupun perangkat bergerak (mobile device). Penggunaan Bootstrap juga mampu mempercepat proses pengembangan sistem sekaligus meningkatkan pengalaman pengguna (user experience) melalui tampilan yang konsisten dan adaptif [3].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi e-learning mampu mendukung proses pembelajaran. Penelitian [14] mengembangkan e-learning berbasis Moodle dan melaporkan peningkatan kemandirian serta hasil belajar siswa. Penelitian [15] merancang website pendukung pembelajaran menggunakan framework Bootstrap untuk menghasilkan antarmuka yang responsif dan fleksibel pada berbagai perangkat.

Sementara itu, penelitian [16] menunjukkan bahwa digitalisasi pembelajaran di sekolah kejuruan dapat diwujudkan melalui pemanfaatan media, perangkat, dan metode pembelajaran digital yang berorientasi pada kebutuhan siswa.

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, masih terdapat kesenjangan (research gap), yaitu belum adanya fokus yang secara bersamaan mengintegrasikan pengelolaan materi pembelajaran, presensi, kuis, ujian, dan pelaporan hasil belajar dalam satu platform berbasis web yang responsif sekaligus mengevaluasi fungsionalitas dan tingkat kemudahan penggunaan (usability) dari sisi pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan aplikasi e-learning terintegrasi dan mengevaluasinya menggunakan Black Box Testing serta System Usability Scale (SUS).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi Virtual Smart E-Learning berbasis web menggunakan framework Bootstrap sebagai media digitalisasi pembelajaran di SMK Azzahra Nusantara. Sistem yang dikembangkan menyediakan fitur presensi berbasis swafoto, pengelolaan materi pembelajaran, kuis, ujian, serta pelaporan hasil belajar secara terintegrasi. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fungsi aplikasi berjalan sesuai kebutuhan, sedangkan evaluasi pengalaman pengguna dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) sehingga aplikasi yang dihasilkan tidak hanya berfungsi dengan baik, tetapi juga mudah digunakan oleh guru maupun siswa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. E-Learning

E-learning merupakan sistem pembelajaran yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk mendukung proses belajar mengajar secara elektronik melalui jaringan internet. Sistem ini memungkinkan proses distribusi materi, pemberian tugas, evaluasi pembelajaran, serta komunikasi antara guru dan peserta didik dilakukan tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu. Implementasi e-learning memberikan fleksibilitas dalam pembelajaran sekaligus meningkatkan efektivitas penyampaian materi karena peserta didik dapat mengakses sumber belajar kapan saja sesuai kebutuhan [8].

Dalam lingkungan pendidikan, e-learning juga berperan sebagai media pembelajaran yang mampu meningkatkan fleksibilitas dan kemandirian belajar siswa. Melalui sistem yang terintegrasi, guru dapat mengelola materi, aktivitas pembelajaran, dan hasil evaluasi dalam satu platform sehingga administrasi pembelajaran menjadi lebih efektif dan efisien [7], [8].

2.2. Framework Bootstrap

Bootstrap merupakan framework front-end berbasis HTML, CSS, dan JavaScript yang digunakan

untuk mempercepat proses pengembangan antarmuka website. Bootstrap menyediakan berbagai komponen antarmuka siap pakai, seperti tombol, formulir, tabel, navigasi, serta sistem grid yang memungkinkan tampilan aplikasi menyesuaikan berbagai ukuran layar (responsive web design) [4], [10].

Keunggulan Bootstrap terletak pada kemampuannya menghasilkan antarmuka yang ringan, konsisten, dan mudah diimplementasikan pada berbagai perangkat, baik desktop maupun smartphone. Oleh karena itu, Bootstrap banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi berbasis web yang membutuhkan kompatibilitas lintas perangkat dengan waktu pengembangan yang relatif singkat [3].

2.3. PHP dan MySQL

PHP (Hypertext Preprocessor) merupakan bahasa pemrograman yang berjalan pada sisi server (server-side scripting) dan banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi web dinamis. PHP memiliki kemampuan mengolah data, melakukan autentikasi pengguna, mengelola transaksi data, serta berkomunikasi dengan berbagai sistem manajemen basis data [5].

Sementara itu, MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional (Relational Database Management System) yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data secara terstruktur. Integrasi PHP dan MySQL memungkinkan aplikasi web melakukan proses penyimpanan, pencarian, pembaruan, maupun penghapusan data secara terstruktur sehingga sesuai digunakan dalam pengembangan sistem informasi pendidikan [5], [6].

2.4. Black Box Testing

Black Box Testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang dilakukan dengan mengevaluasi fungsi sistem berdasarkan masukan (input) dan keluaran (output) tanpa memperhatikan struktur kode program. Pengujian ini bertujuan memastikan setiap fitur aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan [12].

Pada aplikasi e-learning, Black Box Testing digunakan untuk menguji berbagai fungsi utama seperti proses login, pengelolaan materi, presensi, kuis, ujian, serta pengolahan nilai. Apabila seluruh fungsi menghasilkan keluaran yang sesuai dengan spesifikasi, maka aplikasi dinyatakan telah memenuhi aspek fungsionalitas sistem [12].

2.5. System Usability Scale (SUS)

System Usability Scale (SUS) merupakan metode evaluasi yang digunakan untuk mengukur tingkat kemudahan penggunaan (usability) suatu sistem berdasarkan persepsi pengguna. Instrumen SUS terdiri atas sepuluh pernyataan dengan skala Likert lima poin yang menghasilkan skor antara 0 hingga 100. Semakin tinggi skor yang diperoleh,

semakin baik tingkat kemudahan penggunaan aplikasi [19], [20].

Metode SUS banyak digunakan dalam evaluasi perangkat lunak karena sederhana, cepat diterapkan, dan memungkinkan interpretasi tingkat penerimaan pengguna. Interpretasi skor SUS dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai penerimaan sistem sebelum diimplementasikan secara lebih luas [13], [20].

2.6. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa implementasi teknologi e-learning memberikan kontribusi terhadap proses pembelajaran. Penelitian [14] mengembangkan e-learning berbasis Moodle dan melaporkan peningkatan kemandirian serta hasil belajar siswa. Penelitian [15] merancang website pendukung pembelajaran menggunakan framework Bootstrap sehingga menghasilkan antarmuka yang responsif dan fleksibel untuk mendukung aktivitas pembelajaran berbasis web.

Penelitian [16] mengkaji digitalisasi pembelajaran pada SMK Pusat Keunggulan dan menunjukkan pemanfaatan media, perangkat, serta metode pembelajaran digital untuk mendukung pembelajaran yang berpusat pada siswa. Berdasarkan penelitian tersebut, masih terdapat peluang untuk mengembangkan sistem e-learning yang mengintegrasikan pengelolaan materi, presensi, kuis, ujian, dan pelaporan hasil belajar dalam satu platform berbasis web yang responsif, kemudian mengevaluasi fungsi sistem serta usability dari sisi pengguna.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Waterfall. Metode tersebut dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur sehingga sesuai untuk pengembangan perangkat lunak berbasis web, mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian sistem [17].

Penelitian dilaksanakan di SMK Azzahra Nusantara dengan objek penelitian berupa proses pembelajaran yang melibatkan guru dan siswa. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, studi pustaka, dan dokumentasi. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi proses pembelajaran yang sedang berjalan serta permasalahan yang dihadapi sekolah. Wawancara dilakukan kepada kepala sekolah, guru, dan tenaga administrasi untuk memperoleh kebutuhan sistem. Studi pustaka digunakan sebagai landasan teoritis melalui berbagai buku, jurnal ilmiah, dan dokumen pendukung, sedangkan dokumentasi digunakan untuk memperoleh data akademik yang berkaitan dengan proses pembelajaran.

Model Waterfall yang diterapkan terdiri atas lima tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan

pemeliharaan [18]. Tahap analisis dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem berdasarkan hasil observasi dan wawancara. Tahap perancangan meliputi penyusunan Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram, serta Entity Relationship Diagram (ERD) sebagai dasar pembangunan sistem. Selanjutnya dilakukan implementasi menggunakan bahasa pemrograman PHP, basis data MySQL, dan framework Bootstrap untuk menghasilkan antarmuka yang responsif.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan seluruh fungsi aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Setiap fitur diuji berdasarkan skenario penggunaan tanpa memperhatikan struktur kode program. Selanjutnya dilakukan evaluasi usability menggunakan System Usability Scale (SUS) dengan melibatkan 20 responden, yang terdiri atas 2 guru dan 18 siswa, untuk mengukur tingkat kemudahan penggunaan aplikasi berdasarkan persepsi pengguna [19].

Data hasil pengujian Black Box dianalisis secara deskriptif berdasarkan keberhasilan setiap fungsi sistem. Sementara itu, hasil kuesioner SUS dihitung menggunakan prosedur standar sehingga diperoleh skor usability pada rentang 0–100. Skor tersebut kemudian diinterpretasikan berdasarkan kategori penerimaan (acceptability) untuk menentukan tingkat kelayakan aplikasi sebagai media digitalisasi pembelajaran [20].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

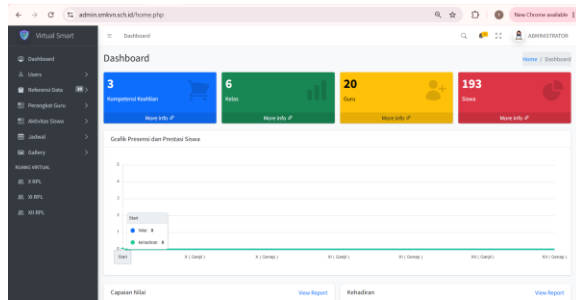
4.1. Implementasi Sistem

Aplikasi Virtual Smart E-Learning berhasil dikembangkan berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP, database MySQL, dan framework Bootstrap. Implementasi sistem menghasilkan aplikasi yang mampu mendukung digitalisasi proses pembelajaran melalui beberapa modul utama, yaitu autentikasi pengguna, dashboard, presensi daring, manajemen materi, kuis, ujian, dan laporan hasil belajar. Seluruh antarmuka dirancang menggunakan Bootstrap sehingga dapat diakses secara responsif melalui komputer maupun perangkat bergerak.



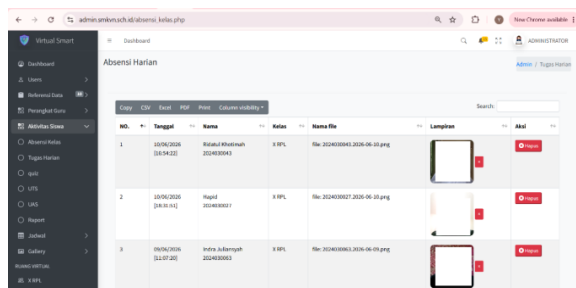
Gambar 1. Halaman Login Admin

Halaman login berfungsi sebagai proses autentikasi pengguna sebelum mengakses sistem. Pengguna memasukkan username dan password yang kemudian divalidasi oleh server sehingga hanya pengguna yang memiliki hak akses yang dapat memasuki sistem. Antarmuka dirancang sederhana dengan komponen Bootstrap sehingga mudah digunakan oleh administrator maupun guru.



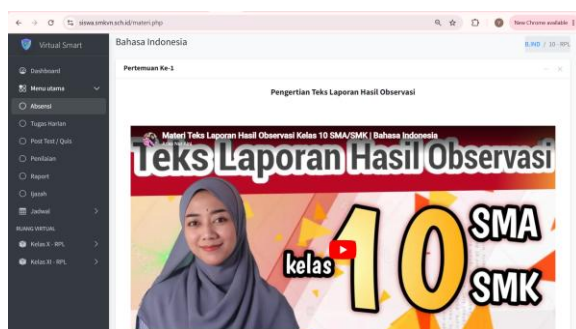
Gambar 2. Dashboard Admin

Dashboard menampilkan informasi utama sistem berupa jumlah guru, siswa, kelas, materi pembelajaran, serta menu pengelolaan data. Dashboard menjadi pusat navigasi bagi administrator dalam mengelola seluruh aktivitas akademik.



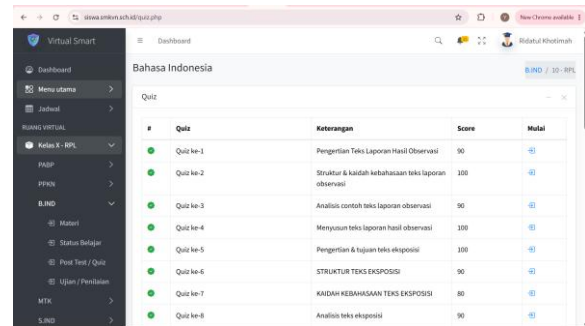
Gambar 3. Halaman Presensi Online

Fitur presensi memungkinkan siswa melakukan absensi secara daring menggunakan swafoto (self-photo) yang divalidasi berdasarkan waktu kehadiran. Seluruh data presensi disimpan secara otomatis ke dalam basis data sehingga memudahkan guru dalam melakukan rekapitulasi kehadiran.



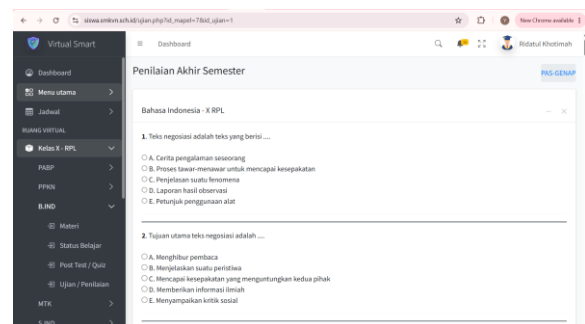
Gambar 4. Halaman Materi Pembelajaran

Guru dapat mengunggah materi dalam berbagai format sehingga siswa dapat mengakses materi kapan saja melalui aplikasi. Implementasi fitur ini mendukung pembelajaran mandiri dan mengurangi ketergantungan terhadap distribusi materi secara konvensional.



Gambar 5. Halaman Quiz

Quiz digunakan sebagai media evaluasi formatif. Setelah siswa menyelesaikan soal, sistem secara otomatis menghitung nilai dan menyimpan hasilnya ke dalam database.



Gambar 6. Halaman Ujian

Modul ujian menyediakan evaluasi sumatif yang dapat dikelola oleh guru. Nilai ujian dihitung secara otomatis sehingga mempercepat proses pengolahan hasil belajar.

4.2. Hasil Pengujian

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode Black Box Testing terhadap tujuh fitur utama aplikasi, yaitu login, dashboard, presensi, materi pembelajaran, kuis, ujian, dan laporan nilai. Setiap fitur diuji melalui skenario penggunaan, kemudian keluaran program dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh tujuh skenario menghasilkan keluaran yang sesuai, sehingga tingkat keberhasilan pengujian fungsional adalah 100%. Ringkasan pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Black Box Testing

Fitur	Keterangan / Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Program / Kesimpulan
Login	Memasukkan username dan password valid.	Pengguna berhasil masuk sesuai hak akses.	Sesuai; Valid
Dashboard	Membuka halaman dashboard setelah login.	Informasi utama dan menu navigasi tampil.	Sesuai; Valid
Presensi	Siswa melakukan presensi daring dengan swafoto.	Data presensi dan waktu tersimpan pada basis data.	Sesuai; Valid
Materi	Guru mengunggah materi dan siswa membuka materi.	Materi tersimpan dan dapat diakses oleh siswa.	Sesuai; Valid
Kuis	Siswa mengerjakan kuis yang tersedia.	Jawaban diproses, nilai dihitung, dan hasil tersimpan.	Sesuai; Valid
Ujian	Siswa mengerjakan ujian yang dikelola guru.	Ujian dapat dijalankan dan nilai tercatat otomatis.	Sesuai; Valid
Laporan	Guru membuka laporan hasil belajar.	Laporan nilai dapat ditampilkan sesuai data tersimpan.	Sesuai; Valid

Evaluasi usability dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) terhadap 20 responden, terdiri atas 2 guru dan 18 siswa. Hasil evaluasi menghasilkan skor rata-rata 81,88, yang termasuk dalam kategori Acceptable dengan predikat Excellent (Grade A). Nilai tersebut menunjukkan bahwa aplikasi mudah dipelajari, mudah digunakan, serta memberikan pengalaman pengguna yang baik dalam mendukung aktivitas pembelajaran digital.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Virtual Smart E-Learning mampu mendukung digitalisasi pembelajaran di SMK Azzahra Nusantara melalui integrasi fitur presensi, materi, kuis, ujian, dan pelaporan nilai dalam satu platform. Pemanfaatan framework Bootstrap menghasilkan antarmuka yang responsif sehingga aplikasi dapat diakses melalui berbagai perangkat tanpa mengurangi kualitas tampilan.

Keberhasilan pengujian Black Box sebesar 100% menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Selain itu, skor usability sebesar 81,88 mengindikasikan bahwa pengguna merasa aplikasi mudah digunakan, mudah dipahami, dan mampu mendukung proses pembelajaran secara efektif. Hasil ini memperkuat bahwa pengembangan aplikasi berbasis Bootstrap tidak hanya memenuhi aspek teknis, tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang baik dalam implementasi pembelajaran digital.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Anderson, *The Theory and Practice of Online Learning*, 3rd ed. Edmonton, Canada: AU Press, 2020.
- [2] UNESCO, *Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education*. Paris, France: UNESCO Publishing, 2021.
- [3] M. Otto and J. Thornton, *Bootstrap Documentation Version 5.3*. Bootstrap Team, 2024.
- [4] A. Verou and L. Keith, *HTML5 & CSS3 for the Real World*, 3rd ed. SitePoint, 2022.
- [5] R. Nixon, *Learning PHP, MySQL & JavaScript: With jQuery, CSS & HTML5*, 7th ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2023.
- [6] Oracle Corporation, *MySQL 8.4 Reference Manual*. Austin, TX, USA: Oracle Corporation, 2024.
- [7] D. G. Sampson, P. Zervas, and E. Tsourlidaki, "Learning Management Systems: Evolution and Trends," *Education and Information Technologies*, vol. 27, no. 4, pp. 4951–4976, 2022.
- [8] M. Aparicio, F. Bacao, and T. Oliveira, "Grit in the Path to E-Learning Success," *Computers in Human Behavior*, vol. 66, pp. 388–399, 2021.
- [9] E. Marcotte, *Responsive Web Design*, 2nd ed. New York, NY, USA: A Book Apart, 2023.
- [10] Bootstrap Team, *Bootstrap v5.3 Documentation*. Bootstrap Team, 2024.
- [11] L. Richardson and S. Ruby, *RESTful Web APIs*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2022.
- [12] P. Ammann and J. Offutt, *Introduction to Software Testing*, 3rd ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2024.
- [13] International Organization for Standardization, *ISO 9241-11:2018, Ergonomics of Human-System Interaction—Part 11: Usability: Definitions and Concepts*. Geneva, Switzerland: ISO, 2018.
- [14] T. Priasmara, S. Masitoh, and B. S. Bachri, "Pengembangan E-Learning Moodle Untuk Meningkatkan Kemandirian Dan Hasil Belajar Bagi Siswa School From Home," *EDUCATE: Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 7, no. 2, pp. 229–248, 2022, doi: 10.32832/educate.v7i2.7794.
- [15] A. Z. Nasution, R. F. Wijaya, and S. Batubara, "Perancangan Website Pendukung Pembelajaran Kelas dengan Framework Bootstrap (Studi Kasus: SMK Telkom 1 Medan)," *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI)*, vol. 4, no. 2, pp. 519–530, 2025, doi: 10.62712/juktisi.v4i2.466.
- [16] L. Patmasari, D. Hidayati, W. Ndari, and C. Sardi, "Digitalisasi Pembelajaran Yang Berpusat Pada Siswa di SMK Pusat Keunggulan," *Jurnal*

- Ilmiah Mandala Education, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: 10.58258/jime.v9i1.3729.
- [17] I. Sommerville, *Software Engineering*, 11th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2021.
- [18] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 9th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2020.
- [19] J. R. Lewis and J. Sauro, "The Factor Structure of the System Usability Scale," in *Human Centered Design, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5619. Berlin, Germany: Springer, 2009, pp. 94–103.
- [20] A. Bangor, P. Kortum, and J. T. Miller, "An Empirical Evaluation of the System Usability Scale," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 24, no. 6, pp. 574–594, 2008.