

Full Paper

Frontend Design of Spatial Working Memory Test Application for Junior and Vocational High School Students Using the Waterfall Method

Martryatus Sofia¹,

Telkom University, Banyumas, Indonesia

martryatus@student.telkomuniversity.ac.id

Rifki Adhitama^{2*}

Telkom University, Banyumas, Indonesia

rifkiadhitama@telkomuniversity.ac.id

*Corresponding Author

ABSTRACT

Spatial Working Memory (SWM) is an essential cognitive function that supports learning processes, reasoning, mathematical abilities, and academic achievement among students. Despite its importance, accessible and digital-based tools for assessing spatial working memory remain limited, particularly for junior and vocational high school students. This study focuses on designing and developing the frontend of a web-based SWMT application, guided by the Waterfall development approach involving literature studies, interviews with psychology experts, observations, questionnaires, interface design using Figma, implementation with Laravel, HTML, and CSS, and usability and accessibility evaluations. Accessibility testing was conducted using the WebAIM Contrast Checker based on *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), while usability assessment was carried out through the SUS instrument with 72 participants from junior and vocational high school levels. The results indicate that seven out of eleven evaluated interface elements successfully met WCAG 2.0 Level AA accessibility standards, with contrast ratios exceeding the minimum requirement of 4.5:1. Four elements, namely the login form and login button, the independent test start button, the test score display, and the PDF download button, require further improvement due to insufficient contrast levels. Usability evaluation produced an average SUS score of 66.15, categorized as "GOOD" with marginal acceptance, indicating that the application can be used independently while still requiring improvements in navigation consistency, instruction clarity, and overall user experience. This study offers a meaningful contribution toward building an open and inclusive digital tool for cognitive assessment in Indonesian educational settings and provides a foundation for future integration of backend functionality and psychometric validation.

KEYWORDS

Spatial Working Memory; Cognitive Assessment; Frontend Development; WCAG Accessibility; System Usability Scale

Sofia, Martryatus. Adhitama, Rifki. (2026) Frontend Design of Spatial Working Memory Test Application for Junior and Vocational High School Students Using the Waterfall Method. *jasmed*, vol 4 (1), pp. 23-33.
<https://doi.org/10.20895/jasmed.v4i1.11245>

Article Submitted 05/06/2026. Revision uploaded 17/06/2026. Accepted 26/06/2026.

© 2026 by the authors of this article. Published under CC-BY 

1. INTRODUCTION

Perkembangan Kemampuan kognitif siswa, khususnya memori kerja, memegang peran penting dalam keberhasilan belajar. Memori kerja spasial (*Spatial Working Memory*/SWsM) merupakan komponen dari sistem memori kerja yang berfungsi menyimpan dan memanipulasi informasi mengenai posisi, urutan, dan pola objek dalam ruang. Memori kerja berperan krusial dalam berbagai fungsi kognitif tingkat tinggi seperti membaca, pemahaman bahasa, kemampuan matematika, dan penalaran, serta berkaitan erat dengan capaian akademik secara umum[6][12]. Secara lebih spesifik, kemampuan visuospasial terbukti memprediksi pencapaian geometri dan performa akademik umum pada remaja[7]. Oleh karena itu, penilaian memori kerja spasial pada siswa menjadi relevan untuk mendukung evaluasi kemampuan kognitif yang lebih terarah, khususnya di jenjang SMP dan SMK.

Meskipun demikian, alat ukur SWM yang tersedia saat ini masih memiliki keterbatasan akses. Pentingnya memori kerja visuospasial telah diakui secara luas, namun tes yang bersifat terbuka, gratis, dan andal untuk digunakan oleh psikolog pendidikan dan praktisi masih sulit ditemukan[8]. Di sisi lain, teknologi digital membuka peluang untuk mengembangkan alat tes kognitif berbasis aplikasi yang lebih mudah diakses. Alat asesmen kognitif digital yang dirancang dengan antarmuka pengguna yang baik memungkinkan pelaksanaan tes secara mandiri tanpa memerlukan pendampingan terlatih[9]. Potensi ini semakin relevan di Indonesia, mengingat BPS mencatat bahwa pada tahun 2024 sebanyak 72,78% penduduk telah mengakses internet dan 68,65% telah memiliki telepon seluler[1].

Dalam pengembangan aplikasi tes kognitif berbasis digital, aspek antarmuka atau frontend menjadi faktor yang tidak dapat diabaikan. Kemampuan pengguna untuk menavigasi dan menyelesaikan tes secara efektif sangat dipengaruhi oleh kualitas desain antarmuka, sehingga evaluasi aspek ini menjadi esensial dalam perancangan aplikasi asesmen kognitif[9][13]. Tampilan yang jelas, instruksi yang mudah dipahami, dan navigasi yang konsisten merupakan elemen penting agar siswa SMP dan SMK dapat mengikuti tes dengan baik tanpa terhambat oleh kerumitan teknis antarmuka.

Selain aspek kegunaan (*usability*), perancangan frontend juga perlu memperhatikan inklusivitas pengguna, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan persepsi warna. Berdasarkan data yang dipublikasikan BPS dalam laporan *Long Form SP2020*, penyandang disabilitas di Indonesia mencakup berbagai kondisi, salah satunya keterbatasan pada fungsi penglihatan[2]. Dalam konteks buta warna, Karolina, Pharmawati, dan Setyawati dalam penelitiannya menemukan bahwa prevalensi buta warna tercatat pada 2% dari total 900 peserta yang merupakan murid sekolah dasar di wilayah Kabupaten Badung, Bali [3]. Temuan ini mengindikasikan bahwa tampilan aplikasi tidak dapat hanya mengandalkan warna sebagai satu-satunya penanda, melainkan perlu didukung elemen tambahan seperti teks, ikon, bentuk, atau pola agar tetap dapat dipahami oleh seluruh pengguna.

Prinsip tersebut sejalan dengan *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), standar aksesibilitas digital internasional yang bertujuan membuat konten web dan aplikasi lebih mudah diakses oleh penyandang disabilitas[4]. Standar WCAG dibangun di atas empat prinsip yang disingkat POUR, mencakup *perceivable*, *operable*, *understandable*, dan *robust*[5]. Penerapan prinsip WCAG dalam perancangan frontend aplikasi *Spatial Working Memory Test* (SWMT) dapat diwujudkan melalui penggunaan kontras warna yang memadai, teks atau ikon sebagai pendamping warna, navigasi yang konsisten, ukuran huruf yang mudah dibaca, serta instruksi tes yang jelas.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat kebutuhan terhadap aplikasi *Spatial Working Memory Test* atau SWMT berbasis digital yang dapat digunakan secara mandiri oleh siswa SMP dan SMK. Aplikasi SWMT merupakan tes kognitif untuk membantu mengukur memori kerja spasial, yaitu kemampuan mengingat dan mengolah informasi visual seperti posisi, pola, urutan, dan lokasi objek. Dalam konteks pendidikan, aplikasi ini dapat menjadi media bantu untuk mengetahui kemampuan siswa dalam memahami informasi visual-spasial. Oleh karena itu, aplikasi SWMT memerlukan antarmuka yang mudah digunakan, aksesibel, dan inklusif agar siswa dapat memahami instruksi serta menyelesaikan tes tanpa hambatan teknis. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada perancangan frontend aplikasi *Spatial Working Memory Test* (SWMT) yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa SMP dan SMK di Indonesia. Penelitian ini tidak hanya menghasilkan rancangan antarmuka aplikasi tes kognitif berbasis web, tetapi juga memetakan kebutuhan fungsional aplikasi dengan prinsip aksesibilitas WCAG dan evaluasi *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS). Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi praktis berupa prototipe frontend aplikasi asesmen kognitif yang mudah digunakan dan lebih inklusif, serta kontribusi ilmiah dalam bidang *Human-Computer Interaction* (HCI) dan *cognitive assessment* melalui penerapan evaluasi aksesibilitas dan *usability* pada konteks aplikasi tes memori kerja spasial untuk pelajar. Penelitian ini berfokus pada perancangan *frontend* aplikasi SWMT menggunakan metode *Waterfall* sebagai dasar pengembangan aplikasi lebih lanjut.

2. METHODS

A. Research Method

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan metode mixed method [16][17]. Pendekatan R&D digunakan karena penelitian ini bertujuan menghasilkan artefak berupa rancangan frontend aplikasi *Spatial Working Memory Test* (SWMT) berbasis web. Sementara itu, mixed method digunakan karena penelitian ini melibatkan data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh melalui studi literatur, wawancara dengan dosen psikologi, dan observasi terhadap kebutuhan pengguna, sedangkan data kuantitatif diperoleh melalui pengukuran contrast ratio menggunakan WebAIM Contrast Checker, pengolahan skor *System Usability Scale* (SUS), serta perhitungan reliabilitas instrumen menggunakan Cronbach's Alpha [19].

Dalam proses pengembangan sistem, penelitian ini tetap menggunakan *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan model *Waterfall* sebagai metode pengembangan perangkat lunak [18]. Model *Waterfall* diterapkan melalui tahapan requirements analysis, system design, implementation, testing, dan maintenance. Dengan demikian, pendekatan R&D dan mixed method digunakan sebagai kerangka penelitian, sedangkan Waterfall digunakan sebagai model pengembangan sistem aplikasi SWMT.

B. System Development Methods

Penelitian ini menerapkan *System Development Life Cycle* (SDLC) sebagai kerangka pengembangan sistemnya, dengan *Waterfall* dipilih sebagai model utama yang digunakan [10][18]. SDLC merupakan kerangka kerja terstruktur yang memandu pengembangan perangkat lunak dari tahap identifikasi kebutuhan hingga pemeliharaan sistem [10]. Model *Waterfall* dipilih karena kebutuhan sistem telah dapat didefinisikan secara lengkap sejak awal penelitian, sehingga setiap fase dapat dilaksanakan secara linear, terdokumentasi, dan mudah dievaluasi [18]. Dalam konteks pengembangan aplikasi tes kognitif berbasis digital, pemilihan metode yang terstruktur menjadi penting mengingat kompleksitas persyaratan yang mencakup aspek teknis, psikologis, dan aksesibilitas [9]. Pada penelitian ini, model Waterfall diterapkan dalam lima fase utama, yaitu *Requirements Analysis*, *System Design*, *Implementation*, *Testing*, dan *Maintenance*. Alur tahapan pengembangan yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

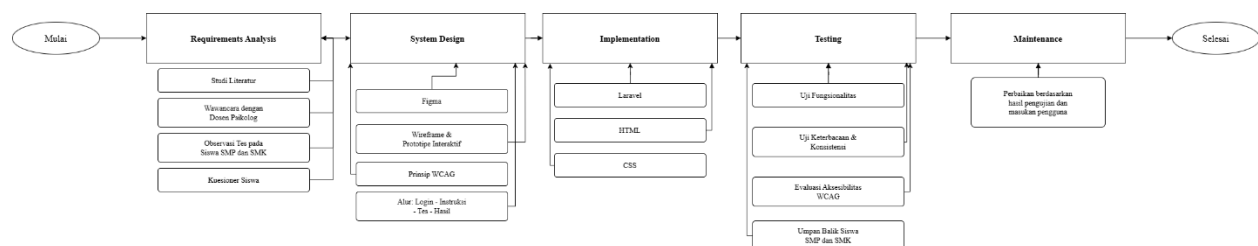


Figure 1 Tahapan model *Waterfall* dalam penelitian

Berdasarkan Gambar 1 memperlihatkan bahwa proses pengembangan sistem dijalankan melalui serangkaian fase yang tersusun secara berurutan, mencakup analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, hingga pemeliharaan. Masing-masing fase berkontribusi secara saling melengkapi dalam membentuk keseluruhan proses perancangan dan implementasi aplikasi. Adapun penjelasan dari masing-masing tahapan pengembangan sistem pada Gambar 1 adalah sebagai berikut:

1. Requirements Analysis.

Pada tahap ini, kebutuhan sistem dikumpulkan melalui empat metode: studi literatur, wawancara, observasi, dan kuesioner [19]. Studi literatur mencakup konsep *Spatial Working Memory* [6][12], prinsip aksesibilitas WCAG [4][5], dan standar evaluasi usability berbasis SUS [13][15]. Wawancara dilakukan bersama dosen psikologi guna memahami karakteristik instrumen tes memori kerja spasial yang valid [6][8]. Observasi dilakukan untuk memahami perilaku dan kendala yang dihadapi siswa saat mengerjakan tes kognitif manual. Selain itu, kuesioner awal disebarkan untuk mengetahui kebiasaan penggunaan teknologi dan preferensi tampilan antarmuka pengguna. Luaran dari tahapan ini adalah dokumen kebutuhan sistem yang memuat spesifikasi fungsional dan non-fungsional sebagai panduan perancangan aplikasi SWMT.

Pemilihan responden dalam penelitian ini dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria yang ditetapkan

meliputi siswa yang aktif bersekolah di jenjang SMP dan SMK serta bersedia mengikuti proses pengujian aplikasi. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh 72 responden yang terdiri atas 52 siswa SMP dan 20 siswa SMK, dengan rentang usia 13 hingga 17 tahun. Prinsip aksesibilitas yang menjadi acuan utama adalah *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), khususnya empat prinsip POUR: *Perceivable*, *Operable*, *Understandable*, dan *Robust* [4][5]. Penerapan WCAG penting mengingat adanya prevalensi buta warna pada siswa sekolah dasar yang tercatat sebesar 2% [3], serta keberagaman kondisi disabilitas di Indonesia yang turut memengaruhi aksesibilitas antarmuka digital [2].

2. System Design.

Perancangan antarmuka dilakukan menggunakan Figma untuk menghasilkan wireframe dan prototipe interaktif sebelum implementasi [19]. Desain antarmuka disusun mengacu pada prinsip WCAG, mencakup kontras warna yang memadai, teks dan ikon sebagai pendamping elemen visual, navigasi yang konsisten, serta instruksi tes yang mudah dipahami [4][14]. Pada tahap ini juga ditentukan alur navigasi halaman aplikasi secara menyeluruh, mulai dari halaman beranda, login, instruksi, pelaksanaan tes, hingga halaman hasil.

3. Implementasi

Frontend diimplementasikan menggunakan framework Laravel yang dikombinasikan dengan HTML dan CSS [10]. Laravel berfungsi sebagai kerangka utama aplikasi berbasis web, sementara HTML dan CSS digunakan untuk membangun struktur dan tampilan antarmuka yang responsif. Prototipe Figma dijadikan acuan implementasi agar konsistensi desain terjaga.

4. Testing

Pengujian dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu uji fungsionalitas, evaluasi aksesibilitas berdasarkan standar WCAG menggunakan WebAIM Contrast Checker [4][14], serta pengukuran usabilitas menggunakan instrumen *System Usability Scale* (SUS) [13][15].

Instrumen SUS terdiri atas sepuluh pernyataan yang dinilai menggunakan skala lima tingkat (*Likert scale*). Metode ini dipilih karena telah banyak digunakan untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan sistem dan menghasilkan pengukuran yang konsisten pada berbagai jenis aplikasi [13][15]. Konsistensi internal instrumen SUS dalam penelitian ini diverifikasi melalui perhitungan nilai Cronbach's Alpha menggunakan persamaan berikut:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2} \right) \quad (1)$$

di mana α adalah koefisien reliabilitas, n adalah jumlah item pernyataan, $\sum s_i^2$ adalah jumlah variansi skor tiap item, dan s^2 adalah variansi total skor. Perhitungan terhadap data 72 responden menghasilkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,83, yang menunjukkan tingkat reliabilitas instrumen yang baik (good) [13].

Skor SUS untuk setiap responden dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Skor SUS} = [(N_1-1)+(5-N_2)+(N_3-1)+(5-N_4)+(N_5-1)+(5-N_6)+(N_7-1)+(5-N_8)+(N_9-1)+(5-N_{10})] \times 2,5$$

Di mana N_1 hingga N_{10} merupakan skor jawaban responden untuk setiap butir pernyataan SUS. Nilai pada item bernomor positif dan negatif diproses sesuai aturan penilaian SUS, kemudian dijumlahkan dan dikonversi ke rentang skor 0–100 melalui faktor pengali 2,5.

Rata-rata skor SUS seluruh responden dihitung menggunakan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

di mana $\bar{x}$ adalah skor rata-rata, $\sum x$ adalah jumlah seluruh skor SUS, dan n adalah jumlah responden [20]. Pengujian melibatkan 72 siswa SMP dan SMK sebagai responden utama setelah dilakukan pembersihan data dengan menghapus entri duplikat. Responden ditentukan melalui metode purposive sampling dengan mempertimbangkan kriteria tertentu yang aktif bersekolah di jenjang SMP dan SMK serta bersedia mengikuti proses pengujian aplikasi. Pengujian aksesibilitas kognitif juga mempertimbangkan temuan bahwa alat asesmen digital yang dirancang dengan antarmuka berkualitas memungkinkan pelaksanaan tes secara mandiri tanpa pendampingan terlatih [9]. Aspek kebergunaan antarmuka diuji pula dengan memperhatikan konsistensi desain dan kemudahan navigasi [11].

5. Maintenance.

Pada tahap ini dilakukan penyesuaian elemen antarmuka yang belum memenuhi standar WCAG, memperbaiki inkonsistensi tampilan, dan menyempurnakan instruksi atau navigasi berdasarkan masukan pengguna. Perbaikan diprioritaskan pada elemen-elemen yang nilai rasio kontras warnanya belum mencapai ambang batas yang dipersyaratkan oleh standar WCAG AA, yakni sebesar 4,5:1 [4][14].

3. RESULT

A. Functional Requirement of the SWMT Application

Tahap analisis kebutuhan menghasilkan sebelas kebutuhan fungsional utama yang menjadi dasar pengembangan aplikasi SWMT. Kebutuhan tersebut disusun berdasarkan kajian literatur, wawancara dengan dosen psikologi, observasi terhadap siswa, serta analisis alur penggunaan sistem. Ringkasan kebutuhan fungsional yang telah diidentifikasi disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Daftar Functional Requirement Aplikasi SWMT

No	Kode	Functional Requirement	Halaman Terkait
1	FR-01	Pengguna dapat melihat informasi dan deskripsi aplikasi pada halaman beranda	Beranda
2	FR-02	Pengguna dapat memilih mode login (Siswa atau Guru)	Beranda / Login
3	FR-03	Siswa dapat melakukan registrasi dan login ke dalam sistem	Login Siswa
4	FR-04	Siswa dapat melihat riwayat tes pada halaman dashboard	Dashboard Siswa
5	FR-05	Siswa dapat memulai tes secara mandiri atau dengan kode kelas	Dashboard Siswa
6	FR-06	Sistem menampilkan instruksi tes yang jelas sebelum tes dimulai	Instruksi Tes
7	FR-07	Sistem menampilkan soal tes secara interaktif dengan progress bar	Pelaksanaan Tes
8	FR-08	Siswa dapat memilih dan mengonfirmasi jawaban pada setiap soal	Pelaksanaan Tes
9	FR-09	Sistem menampilkan hasil tes beserta skor dan kategori pencapaian	Hasil Tes
10	FR-10	Siswa dapat mengunduh hasil tes dalam format PDF	Hasil Tes
11	FR-11	Guru dapat mengakses dashboard pengelolaan kelas dan data peserta	Dashboard Guru

Tabel 1 menunjukkan kebutuhan fungsional yang harus dipenuhi oleh aplikasi SWMT. Kebutuhan tersebut mencakup fungsi utama yang berhubungan dengan interaksi pengguna, pelaksanaan tes, pengelolaan hasil, dan administrasi kelas. Seluruh kebutuhan fungsional ini digunakan sebagai acuan dalam tahap perancangan dan pengembangan sistem agar aplikasi dapat mendukung proses asesmen memori kerja visuospatial secara efektif.

Implementasi antarmuka aplikasi SWMT menghasilkan tampilan yang responsif dan mengacu pada prototipe Figma yang telah dirancang sebelumnya. Gambar 2 memperlihatkan tampilan beranda aplikasi yang berisi berbagai informasi utama bagi pengguna, sedangkan Gambar 3 menampilkan halaman login siswa yang menyediakan opsi autentikasi melalui Google maupun email. Desain kedua halaman menerapkan palet warna pastel dengan gradasi biru dan kuning yang konsisten, tipografi yang terbaca dengan jelas, serta tata letak yang terstruktur untuk memudahkan navigasi pengguna.



Figure 2 Tampilan Halaman Beranda Aplikasi SWMT

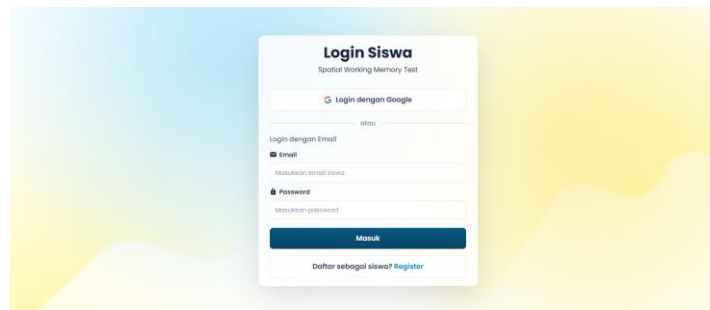


Figure 3 Tampilan Halaman Login Siswa Aplikasi SWMT

B. WCAG Accessibility Evaluation Results per Functional Requirement

Pengujian aksesibilitas dilakukan menggunakan WebAIM Contrast Checker terhadap elemen-elemen antarmuka yang merepresentasikan setiap functional requirement pada aplikasi SWMT. Pengujian bertujuan untuk mengukur tingkat keterbacaan dan kejelasan visual antarmuka berdasarkan nilai *contrast ratio* antara elemen antarmuka dan latar belakangnya. Hasil pengukuran selanjutnya dicocokkan dengan tiga tingkatan standar WCAG, di mana tingkat AA menetapkan ambang kontras sebesar 4,5:1 bagi teks berukuran normal dan 3:1 bagi teks berukuran besar, tingkat WCAG 2.1 mensyaratkan rasio 3:1 khusus untuk komponen antarmuka dan elemen grafis, sementara tingkat AAA memberlakukan persyaratan yang lebih ketat yakni 7:1 untuk teks normal dan 4,5:1 untuk teks berukuran besar.

Table 2. Pemetaan Functional Requirement terhadap Elemen Antarmuka yang Diuji

No	Kode	Elemen antarmuka yang diuji
1	FR-01	Judul aplikasi halaman beranda
2	FR-02	Tombol login pengguna
3	FR-03	Form login dan tombol masuk
4	FR-04	Informasi riwayat tes pada dashboard siswa
5	FR-05	Tombol mulai tes mandiri
6	FR-06	Teks instruksi tes
7	FR-07	Progress bar pelaksanaan tes
8	FR-08	Tombol pilihan jawaban
9	FR-09	Tampilan skor hasil tes
10	FR-10	Tombol unduh hasil PDF

11	FR-11	Judul dashboard guru
----	-------	----------------------

Tabel 2 menunjukkan elemen antarmuka yang digunakan sebagai representasi dari setiap functional requirement. Pemetaan ini dilakukan untuk memastikan bahwa pengujian aksesibilitas dilakukan pada komponen yang secara langsung mendukung fungsi utama aplikasi. Setiap elemen diuji dengan mengukur rasio kontras warna menggunakan WebAIM Contrast Checker, kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar WCAG yang telah ditetapkan.

Hasil pengujian divisualisasikan dalam bentuk grafik batang pada Gambar 4. Grafik tersebut menampilkan nilai *contrast ratio* untuk setiap elemen antarmuka beserta garis referensi yang menunjukkan ambang batas standar WCAG 2.0 AA, WCAG 2.1, dan WCAG AAA.

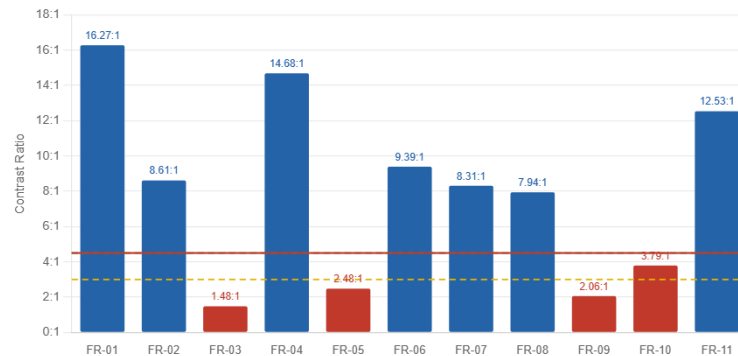


Figure 4 Grafik Contrast Ratio per Functional Requirement dengan Garis Referensi WCAG

Berdasarkan Gambar 4, tingkat aksesibilitas elemen antarmuka pada aplikasi SWMT menunjukkan hasil yang bervariasi. Dari 11 elemen yang diuji, sebanyak 7 elemen (63,6%) memenuhi standar WCAG 2.0 Level AA dengan nilai contrast ratio di atas 4,5:1, sedangkan 4 elemen (36,4%) belum memenuhi standar tersebut. Nilai contrast ratio tertinggi diperoleh pada judul aplikasi halaman beranda (FR-01) sebesar 16,27:1, diikuti informasi riwayat tes pada dashboard siswa (FR-04) sebesar 14,68:1 dan judul dashboard guru (FR-11) sebesar 12,53:1. Sementara itu, nilai contrast ratio terendah ditemukan pada form login dan tombol masuk (FR-03) sebesar 1,48:1, tampilan skor hasil tes (FR-09) sebesar 2,06:1, serta tombol mulai tes mandiri (FR-05) sebesar 2,48:1. Selain itu, tombol unduh hasil PDF (FR-10) memperoleh nilai 3,79:1 yang telah memenuhi standar WCAG 2.1 untuk komponen antarmuka, namun masih berada di bawah persyaratan WCAG 2.0 Level AA untuk teks normal. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sebagian besar elemen utama aplikasi telah memiliki tingkat keterbacaan yang baik, namun beberapa elemen masih memerlukan penyesuaian kombinasi warna agar dapat memenuhi standar aksesibilitas WCAG secara optimal.

C. System Usability Scale (SUS) Evaluation Results

Evaluasi usability melibatkan 72 responden yang terdiri atas siswa SMP dan SMK. Data yang diperoleh dari kuesioner SUS kemudian diolah untuk menghasilkan skor usability masing-masing responden. Selanjutnya, seluruh skor direkapitulasi dan dihitung nilai rata-ratanya sesuai prosedur perhitungan yang telah dijelaskan secara detail pada bagian metode penelitian. Hasil rekapitulasi skor SUS disajikan pada Tabel 3.

Table 3. Skor SUS Tiap Responden

N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	JML	NILAI (JML*2,5)
2	3	1	3	3	2	4	4	4	3	29	72,5
3	4	0	4	4	2	4	4	4	4	33	82,5
4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	36	90
3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	27	67,5

3	4	3	1	3	4	3	3	3	3	30	75
...											
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	50
Skor Rata-rata (Hasil Akhir)											66,15

Berdasarkan Tabel 3, skor SUS yang diperoleh responden berada pada rentang 42,5 hingga 90 dengan nilai rata-rata sebesar 66,15. Hasil tersebut menunjukkan aplikasi SWMT memiliki tingkat usability yang cukup baik berdasarkan persepsi pengguna.

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan membandingkan skor SUS berdasarkan jenjang pendidikan responden, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Table 4. Perbandingan Skor SUS Berdasarkan Jenjang Pendidikan

Jenjang	n	Skor Minimum	Skor Maksimum	Rata-rata SUS	Kategori	Peringkat
SMP	52	42,5	90	65,29	GOOD	D
SMK	20	50	87,5	68,38	GOOD	D
Total	72	42,5	90	66,15	GOOD	D

Tabel 4 menunjukkan bahwa meskipun siswa SMK memperoleh rata-rata skor SUS sedikit lebih tinggi (68,38) dibandingkan siswa SMP (65,29) dengan selisih 3,09 poin, keduanya termasuk dalam klasifikasi yang sama, yaitu kategori "GOOD" dengan peringkat D. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat kemudahan penggunaan antarmuka aplikasi SWMT dipersepsikan secara setara oleh kedua kelompok pengguna, meskipun siswa SMK menunjukkan kecenderungan skor yang sedikit lebih tinggi yang kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat familiaritas yang lebih tinggi terhadap penggunaan aplikasi berbasis web.

Interpretasi skor SUS mengacu pada model evaluasi yang mengelompokkan skor SUS ke dalam kategori Acceptability Range, Grade Scale, dan Adjective Rating. Hasil interpretasi skor rata-rata SUS aplikasi SWMT ditunjukkan pada Gambar 5.

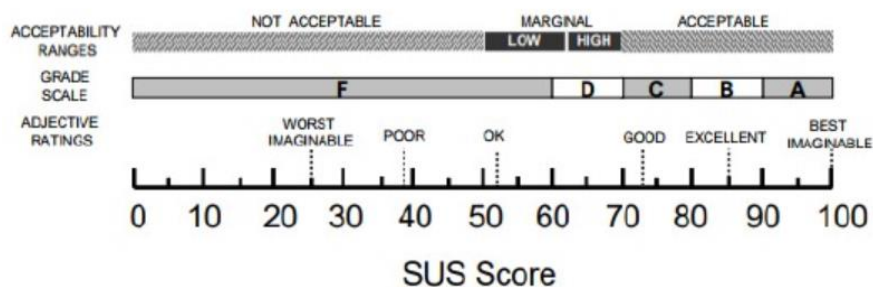


Figure 5 Penentuan Hasil Penilaian SUS

Merujuk pada Gambar 5, hasil perhitungan rata-rata pada penelitian ini termasuk dalam kategori OK, berada pada tingkat penerimaan Marginal high dengan peringkat huruf D, yang mengindikasikan bahwa aplikasi SWMT telah memiliki tingkat usability yang cukup memadai. Meskipun demikian, beberapa aspek masih perlu disempurnakan pada tahap pengembangan berikutnya.

D. Maintenance Phase Results

Tahap maintenance dilakukan berdasarkan hasil evaluasi *aksesibilitas* dan *usability* yang telah diperoleh pada tahap testing. Hasil pengujian WCAG menunjukkan bahwa empat elemen antarmuka masih memerlukan perbaikan, yaitu form login dan tombol masuk (FR-03), tombol mulai tes mandiri (FR-05), tampilan skor hasil tes (FR-09), dan tombol

unduh hasil PDF (FR-10). Oleh karena itu, tahap maintenance difokuskan pada penyesuaian kombinasi warna, peningkatan kontras teks terhadap latar belakang, serta perbaikan kejelasan elemen navigasi.

Pada elemen FR-03, perbaikan diarahkan pada penggunaan warna teks dan tombol yang lebih gelap agar form login lebih mudah dibaca. Pada FR-05, warna tombol mulai tes mandiri perlu disesuaikan agar memiliki kontras yang lebih kuat terhadap latar belakang. Pada FR-09, tampilan skor hasil tes perlu diperjelas melalui peningkatan kontras angka, label kategori, dan informasi hasil. Sementara itu, pada FR-10, tombol unduh PDF perlu diperbaiki agar tidak hanya memenuhi standar WCAG 2.1 untuk komponen antarmuka, tetapi juga memenuhi standar WCAG 2.0 Level AA untuk teks normal.

Selain perbaikan visual, tahap maintenance juga mencakup penyempurnaan instruksi tes dan konsistensi navigasi antarhalaman. Perbaikan ini dilakukan untuk mengurangi potensi kebingungan pengguna, khususnya siswa SMP yang cenderung membutuhkan instruksi lebih sederhana dan alur penggunaan yang lebih jelas. Dengan demikian, tahap maintenance menghasilkan rekomendasi perbaikan antarmuka yang menjadi dasar pengembangan aplikasi SWMT pada iterasi berikutnya.

4. DISCUSSION

Bagian ini memaparkan sejumlah temuan signifikan yang diperoleh dari serangkaian pengujian yang telah dilaksanakan, khususnya dalam konteks perancangan *frontend* aplikasi SWMT.

Dari segi aksesibilitas WCAG, sebanyak tujuh dari sebelas elemen antarmuka yang diuji berhasil memenuhi standar WCAG 2.0 Level AA dengan nilai contrast ratio di atas 4,5:1, yaitu judul aplikasi halaman beranda (FR-01) sebesar 16,27:1, tombol login pengguna (FR-02) sebesar 8,61:1, informasi riwayat tes pada dashboard siswa (FR-04) sebesar 14,68:1, teks instruksi tes (FR-06) sebesar 9,39:1, progress bar pelaksanaan tes (FR-07) sebesar 8,31:1, tombol pilihan jawaban (FR-08) sebesar 7,94:1, dan judul dashboard guru (FR-11) sebesar 12,53:1. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar elemen antarmuka telah dirancang dengan mempertimbangkan keterbacaan dan inklusivitas pengguna, sejalan dengan prinsip *perceivable* dalam WCAG.

Namun, empat elemen masih belum memenuhi standar WCAG 2.0 Level AA. Tiga elemen memiliki nilai contrast ratio yang sangat rendah, yaitu form login dan tombol masuk (FR-03) sebesar 1,48:1, tombol mulai tes mandiri (FR-05) sebesar 2,48:1, dan tampilan skor hasil tes (FR-09) sebesar 2,06:1. Sementara itu, tombol unduh hasil PDF (FR-10) memperoleh nilai 3,79:1 yang telah memenuhi standar WCAG 2.1 untuk komponen antarmuka, namun masih berada di bawah persyaratan WCAG 2.0 Level AA untuk teks normal. Kegagalan kontras pada elemen-elemen ini berpotensi menyulitkan pengguna dengan gangguan persepsi warna dalam membaca dan berinteraksi dengan antarmuka, sehingga perbaikan perlu dilakukan dengan mengganti warna teks menjadi lebih gelap atau menyesuaikan warna latar belakang. Temuan ini mengonfirmasi pentingnya menggunakan alat pengujian standar seperti WebAIM Contrast Checker sebagai acuan objektif dalam menilai kontras warna, daripada hanya mengandalkan persepsi visual subjektif.

Dari segi usability, skor SUS rata-rata sebesar 66,15 menempatkan aplikasi SWMT pada kategori "GOOD" dengan tingkat penerimaan marginal berdasarkan skala Bangor, Kortum, dan Miller. Konsistensi internal instrumen SUS yang digunakan telah diverifikasi dengan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,83, yang mengindikasikan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat konsistensi dan keandalan yang memadai (good). Meskipun aplikasi sudah dapat digunakan secara mandiri oleh pengguna, skor ini mengindikasikan masih terdapat ruang yang signifikan untuk perbaikan. Analisis per kelompok menunjukkan bahwa siswa SMK memperoleh rata-rata skor lebih tinggi (68,38) dibandingkan siswa SMP (65,29), meskipun keduanya berada pada kategori yang sama yaitu "GOOD" dengan peringkat D. Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat familiaritas siswa SMK yang lebih tinggi terhadap penggunaan aplikasi berbasis web. Beberapa aspek yang kemungkinan memengaruhi skor usability secara keseluruhan antara lain kompleksitas instruksi tes, konsistensi tampilan antarmuka, serta kejelasan navigasi antarhalaman. Antarmuka aplikasi memerlukan desain yang intuitif dan konsisten agar pengguna dari kedua jenjang pendidikan dapat menyelesaikan tugas tanpa hambatan teknis.

Analisis lebih mendalam terhadap kontribusi per butir SUS mengungkapkan bahwa dua butir dengan kontribusi terendah adalah Q3 dan Q6. Butir Q3, yang mengukur kemudahan penggunaan secara langsung, mencatat kontribusi terendah dari seluruh butir SUS dengan total skor 114 dari 72 responden atau rata-rata kontribusi sebesar 1,58 dari maksimal 4,0. Rendahnya skor butir ini merupakan sinyal paling kritis karena kemudahan penggunaan adalah inti dari penilaian usability itu sendiri. Temuan ini berkorelasi langsung dengan kegagalan aksesibilitas WCAG pada elemen-elemen yang berada di alur interaksi utama pengguna, yaitu form login dan tombol masuk (FR-03, contrast ratio 1,48:1), tombol mulai tes mandiri (FR-05, 2,48:1), dan tampilan skor hasil tes (FR-09, 2,06:1). Ketiga elemen tersebut dihadapi pengguna secara berurutan dalam satu sesi penggunaan dari masuk ke sistem, memulai tes, hingga

membaca hasil. Ketika kontras visual pada keseluruhan alur utama tidak memadai, pengguna mengalami hambatan perseptual yang secara kumulatif menurunkan penilaian terhadap kemudahan penggunaan secara keseluruhan.

Butir Q6, yang mengukur persepsi ketidakkonsistenan antarmuka, mencatat kontribusi terendah kedua di antara seluruh butir SUS. Rendahnya skor ini dapat dipahami dari adanya kesenjangan kontras yang signifikan antara elemen yang sudah memenuhi WCAG seperti FR-01 (16,27:1), FR-04 (14,68:1), dan FR-06 (9,39:1) dengan elemen yang belum memenuhi standar seperti FR-03, FR-05, FR-09, dan FR-10. Kesenjangan ini menciptakan pengalaman visual yang tidak seragam dalam satu aplikasi yang sama: sebagian halaman terasa jelas dan mudah dibaca, sementara sebagian lainnya terasa samar dan sulit dipersepsi. Kondisi tersebut secara langsung membentuk persepsi ketidakkonsistenan yang tercermin pada butir Q6. Dengan demikian, perbaikan kontras pada elemen-elemen yang belum memenuhi standar WCAG AA tidak hanya berdampak pada peningkatan aksesibilitas, tetapi juga diperkirakan meningkatkan skor butir Q3 dan Q6 secara bersamaan, yang pada gilirannya mendorong rata-rata skor SUS menuju kategori penerimaan yang lebih tinggi.

Perlu dicatat bahwa penelitian ini berfokus pada perancangan *frontend* aplikasi SWMT, sehingga aspek validitas psikometrik instrumen tes belum dibahas secara mendalam. Meskipun demikian, penelitian ini telah melibatkan dua pakar psikologi sebagai validator ahli untuk meninjau rancangan aplikasi. Instrumen validasi yang digunakan berupa pedoman wawancara semi-terstruktur dan lembar telaah ahli, dengan aspek penilaian meliputi kejelasan instruksi tes, kesesuaian alur pengerjaan, kesesuaian stimulus visual dengan konsep memori kerja spasial, kemudahan penggunaan antarmuka, serta potensi penggunaan aplikasi sebagai alat bantu awal dalam asesmen kognitif. Berdasarkan hasil evaluasi dengan pakar, aplikasi SWMT dinilai memiliki potensi untuk digunakan sebagai alat bantu awal dalam menggambarkan kemampuan memori kerja spasial siswa. Namun, pakar memberikan beberapa masukan, yaitu instruksi tes perlu dibuat lebih sederhana, tampilan soal perlu dijaga konsistensinya, hasil tes tidak boleh langsung digunakan sebagai diagnosis psikologis, dan pengembangan berikutnya dapat mempertimbangkan unsur gamifikasi untuk meningkatkan motivasi serta keterlibatan siswa. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut tetap perlu mencakup validasi psikometrik instrumen tes secara lebih komprehensif, termasuk uji validitas isi, reliabilitas, tingkat kesulitan butir, serta pengujian terhadap kelompok pengguna yang lebih luas agar aplikasi SWMT dapat digunakan sebagai instrumen asesmen memori kerja spasial yang lebih andal di lingkungan pendidikan SMP dan SMK.

5. CONCLUSION

Penelitian ini menghasilkan rancangan frontend aplikasi *Spatial Working Memory Test* (SWMT) berbasis web yang dibangun melalui penerapan metode *Waterfall* yang mencakup lima fase pengembangan secara berurutan, yakni analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Antarmuka aplikasi diimplementasikan menggunakan framework Laravel, HTML, dan CSS, mengacu pada prototipe yang dirancang di Figma dengan memperhatikan prinsip aksesibilitas WCAG.

Hasil evaluasi aksesibilitas menunjukkan bahwa tujuh dari sebelas elemen antarmuka yang diuji berhasil memenuhi standar WCAG 2.0 Level AA dengan contrast ratio yang melampaui ambang minimum 4,5:1. Empat elemen yang belum memenuhi standar tersebut, yaitu form login dan tombol masuk (FR-03) sebesar 1,48:1, tombol mulai tes mandiri (FR-05) sebesar 2,48:1, tampilan skor hasil tes (FR-09) sebesar 2,06:1, dan tombol unduh hasil PDF (FR-10) sebesar 3,79:1, akan menjadi prioritas perbaikan pada iterasi pengembangan berikutnya.

Hasil evaluasi usability antarmuka diperoleh melalui instrumen *System Usability Scale* (SUS) yang diisi oleh 72 siswa SMP dan SMK sebagai responden penelitian. Analisis menunjukkan rata-rata skor SUS sebesar 66,15 yang termasuk dalam kategori "GOOD" dengan tingkat penerimaan marginal high. Meskipun aplikasi telah dapat digunakan secara mandiri oleh siswa, hasil tersebut mengindikasikan perlunya peningkatan pada aspek konsistensi tampilan, kejelasan instruksi, dan kemudahan navigasi.

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan alat asesmen kognitif digital yang terbuka dan aksesibel untuk konteks pendidikan di Indonesia, khususnya bagi siswa SMP dan SMK. Secara ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi pada bidang *Human-Computer Interaction* (HCI) melalui penerapan evaluasi *usability* dan aksesibilitas pada aplikasi tes kognitif berbasis web. Penelitian ini menunjukkan bahwa desain antarmuka untuk aplikasi *cognitive assessment* tidak hanya perlu berfokus pada fungsi tes, tetapi juga pada keterbacaan visual, konsistensi navigasi, kejelasan instruksi, dan kemampuan pengguna untuk menyelesaikan tes secara mandiri.

Dalam bidang *cognitive assessment*, penelitian ini memberikan dasar awal bagi pengembangan alat ukur memori kerja spasial digital yang lebih terbuka, aksesibel, dan sesuai dengan konteks pengguna pelajar di Indonesia. Ke depan, pengembangan aplikasi SWMT perlu dilanjutkan dengan integrasi *backend*, validasi psikometrik instrumen tes bersama pakar psikologi pendidikan, serta pengujian dengan melibatkan peserta yang lebih beragam dan

representatif, termasuk siswa dengan keterbatasan persepsi warna, agar keandalan dan inklusivitas aplikasi dapat ditingkatkan.

6. AI TOOLS

Dalam proses penulisan manuskrip ini, penulis menggunakan bantuan Claude dan ChatGPT sebagai alat kecerdasan buatan untuk membantu penyusunan dan perbaikan teks narasi pada beberapa bagian artikel. Penggunaan alat ini terbatas pada aspek penulisan dan tidak memengaruhi proses pengumpulan data, analisis, maupun pengambilan keputusan penelitian. Seluruh tanggung jawab atas isi dan kebenaran konten artikel tetap berada pada penulis.

7. ACKNOWLEDGMENTS

Penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan berbagai pihak. Penulis mengapresiasi Telkom University Purwokerto atas fasilitas dan lingkungan akademik yang mendukung kegiatan penelitian. Penghargaan juga diberikan kepada para siswa SMP dan SMK yang telah berpartisipasi dalam pengujian aplikasi SWMT, serta kepada dosen pembimbing dan dosen psikolog yang memberikan bimbingan, masukan, dan rekomendasi selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini.

8. REFERENCE

- [1] Badan Pusat Statistik. (2025). *Statistik Telekomunikasi Indonesia 2024*. <https://www.bps.go.id/publication/2025/08/29/beaa2be400eda6ce6c636cf8/statistik-telekomunikasi-indonesia-2024.html>
- [2] Badan Pusat Statistik. (2024). *Potret Penyandang Disabilitas di Indonesia: Hasil Long Form SP2020*. <https://www.bps.go.id/publication/2024/12/20/43880dc0f8be5ab92199f8b9/portrait-of-persons-with-disabilities-in-indonesia-long-form-pc2020-results.html>
- [3] Karolina, N. W., Pharmawati, M., & Setyawati, I. (2019). Prevalensi dan frekuensi gen buta warna siswa sekolah dasar di Kabupaten Badung, Bali, Indonesia. <https://doaj.org/article/c3973042926742938b78d3fe0306dd7f>
- [4] World Wide Web Consortium. (n.d.). *WCAG 2 Overview*. <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>
- [5] Centre for Accessibility Australia. (n.d.). *What is the WCAG Standard?* <https://www.accessibility.org.au/guides/what-is-the-wcag-standard/>
- [6] Esteban, L., Vivas, A. B., Fuentes, L. J., & Estévez, A. F. (2015). Spatial working memory is enhanced in children by differential outcomes. *Scientific Reports*, 5, 17112. <https://doi.org/10.1038/srep17112>
- [7] Fanari, R., Meloni, C., & Massidda, D. (2023). Visuospatial working memory abilities in children analyzed by the bricks game task (BGT). *Psychological Research*. <https://doi.org/10.1007/s00426-023-01803-1>
- [8] Goldsmiths, University of London. (2022). *New working memory test aids teaching and research*. <https://www.gold.ac.uk/news/jack-and-jill-working-memory-test-aids-teaching-and-research/>
- [9] Hafiz, P., & Bardram, J. E. (2020). The Ubiquitous Cognitive Assessment Tool for Smartwatches: Design, Implementation, and Evaluation Study. *JMIR mHealth and uHealth*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7296405/>
- [10] Fariza, A., & Mulyono., H. (2020). Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Layanan Penerimaan Tamu Pada Sekretariat Daerah Kantor Gubernur Provinsi Jambi. *Manajemen Sistem Informasi*, 5, (4), 489–499.
- [11] Ependi, U., Putra, A., & Panjaitan, F. (2019). Evaluasi tingkat kebergunaan aplikasi administrasi penduduk menggunakan teknik System Usability Scale. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 5(1), 63–76. <https://doi.org/10.26594/register.v5i1.1412>
- [12] Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1158–1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>
- [13] Lewis, J. R. (2018). The System Usability Scale: Past, Present, and Future. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 34(7), 577–590. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1455307>
- [14] Acosta-Vargas, P., Salvador-Ullauri, L., & Luján-Mora, S. (2021). A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users with Disabilities. *IEEE Access*, 9, 125633–125649. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3111474>
- [15] Hertzum, M. (2026). System Usability Scale: A Meta-Analysis of How SUS Relates to Workload, Task Time, and Error Rate. *International Journal of Human–Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2026.2625260>

- [16] Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- [17] Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- [18] Sommerville, I. (2016). *Software Engineering* (10th ed.). Pearson Education.
- [19] Lazar, J., Feng, J. H., & Hochheiser, H. (2017). *Research Methods in Human-Computer Interaction* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- [20] R. G. Guntur Alam and P. R. Kurniasih, "Penggunaan Metode System Usability Scale (SUS) pada Aplikasi SIMAMURAT," *JSAI : Journal Scientific and Applied Informatics*, vol. 7, no. 2, pp. 189–197, 2024, doi: 10.36085.

9. AUTHORS

Martryatus Sofia merupakan mahasiswa Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, Telkom University Kampus Purwokerto, Indonesia. Bidang minat penelitiannya meliputi pengembangan frontend, desain UI/UX, aplikasi asesmen kognitif, dan aksesibilitas digital. Email: martryatus@student.telkomuniversity.ac.id.

Rifki Adhitama merupakan dosen Program Studi S1 Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Informatika, Telkom University Purwokerto. Bidang penelitian dan pengembangannya mencakup rekayasa perangkat lunak, pemodelan topik, penambangan data, sistem informasi cerdas, serta Artificial Intelligence & Natural Language Processing. Email: rifkiadhitama@telkomuniversity.ac.id.