



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

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

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 12928-12937

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

Pengembangan Website Simulasi Struktur Data untuk Pembelajaran Informatika di SMK

Ahmad Zulkifli Baihaqi, Ramadhan Cakra Wibawa

Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

ahmad.22078@mhs.unesa.ac.id, ramadhanwibawa@unesa.ac.id

Abstrak

Pembelajaran informatika pada materi struktur data di SMK menghadapi tantangan berupa sifat materi yang abstrak, terutama bagi siswa jurusan non-komputer. Materi ini menuntut pemahaman mendalam mengenai mekanisme penyimpanan dan pengorganisasian data seperti list, stack, dan queue. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta mengetahui kelayakan website simulasi struktur data dan menganalisis perbedaan capaian belajar siswa antara kelompok yang menggunakan media tersebut dengan kelompok yang tidak menggunakannya. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE. Subjek penelitian melibatkan 70 siswa, yang terdiri dari 36 siswa kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL) 2 sebagai kelas eksperimen dan 34 siswa kelas X Teknik Pengelasan (TP) sebagai kelas kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media yang dikembangkan memperoleh tingkat kelayakan "Sangat Layak" berdasarkan validasi ahli pembelajaran sebesar 92,85% dan ahli media sebesar 95,83%. Hasil uji hipotesis menggunakan Independent Samples T-Test menunjukkan nilai t sebesar 2.825 dan nilai p sebesar 0.006, yang menunjukkan adanya perbedaan capaian hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, website simulasi struktur data dinyatakan layak dan menunjukkan hasil capaian belajar yang lebih tinggi pada materi list, stack, dan queue. Sebagai pengembangan lebih lanjut, media ini disarankan untuk dilengkapi dengan materi struktur data lain yang lebih kompleks, seperti Tree, Graph, maupun algoritma pengurutan (Sorting), serta diuji coba pada cakupan subjek yang lebih luas di luar SMKN 2 Lamongan guna memvalidasi efektivitasnya secara lebih representatif.

Kata kunci: Website Simulasi, Struktur Data, Informatika, SMK

1. Latar Belakang

Sejak tahun 2022, informatika ditetapkan sebagai mata pelajaran yang diajarkan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) pada seluruh jurusan. Ketentuan ini tertuang dalam Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 262/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran (Mendikbudristek, 2022). Kehadiran mata pelajaran informatika dalam kurikulum merupakan implementasi dari tuntutan zaman agar mampu memahami dan menyikapi perkembangan teknologi, serta memiliki kemampuan yang diperlukan untuk berperan dan bersaing dalam konteks global (Badan Standar, Kurikulum, 2025).

Perkembangan teknologi informasi yang melatarbelakangi kehadiran mata pelajaran informatika tercermin dalam perubahan cara kerja di berbagai bidang kejuruan. Di bidang akuntansi, Sistem Informasi Akuntansi (SIA) digunakan untuk menggantikan proses pencatatan manual dalam pengelolaan data keuangan (Eric et al., 2022). Pada bidang administrasi perkantoran, pemanfaatan teknologi informasi mendukung peningkatan kualitas layanan melalui percepatan proses kerja, peningkatan akurasi, serta penguatan transparansi dan akuntabilitas (Risty & Winarno, 2025). Sementara itu, pada bidang teknik non-komputer seperti konstruksi, penerapan teknologi berbasis *Building Information Modeling* (BIM) menunjukkan bahwa pemahaman terhadap sistem digital dan perangkat lunak menjadi bagian dari kompetensi kerja (Ramadhan & Jin, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa informatika berperan sebagai kompetensi dasar lintas bidang kejuruan yang perlu dikuasai untuk mendukung kesiapan tenaga kerja dalam menghadapi perubahan cara kerja berbasis teknologi.

Dalam praktiknya, sejak ditetapkan sebagai mata pelajaran di SMK pada tahun 2022, pembelajaran informatika masih menghadapi sejumlah tantangan yang memengaruhi efektivitas proses belajar mengajar. Berdasarkan hasil wawancara dengan Wakil Kepala Sekolah bidang kurikulum di SMK Negeri 2 Lamongan, salah satu tantangan

utama berasal dari persepsi siswa. Dengan berbagai bidang kejuruan yang ada, siswa dari jurusan non-komputer cenderung memandang informatika sebagai mata pelajaran pendukung, sehingga antusiasme mereka dalam pembelajaran relatif rendah.

Kondisi tersebut perlu menjadi perhatian dalam pembelajaran informatika, terutama pada materi yang menuntut pemahaman konsep abstrak. Salah satu materi yang tercantum dalam kurikulum informatika SMK adalah struktur data. Materi ini menuntut pemahaman mengenai cara data disusun, disimpan, dan diproses secara sistematis. Struktur data mencakup beberapa bentuk pengorganisasian data, seperti list, stack, dan queue, yang masing-masing memiliki aturan dan mekanisme kerja yang berbeda. Meskipun memiliki keterkaitan secara konsep, perbedaan cara kerja antar struktur data bersifat abstrak dan berpotensi sulit dipahami apabila hanya disampaikan melalui penjelasan tekstual. Kondisi ini dapat menjadi tantangan dalam pembelajaran, khususnya bagi siswa dari jurusan non-komputer yang memiliki latar belakang kemampuan informatika yang beragam.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pengembangan website simulasi menjadi salah satu solusi untuk memfasilitasi pemahaman konsep struktur data. Website ini memungkinkan penyajian konsep seperti list, stack, dan queue melalui visualisasi, serta umpan balik langsung. Fitur-fitur tersebut digunakan untuk menyajikan alur pembelajaran struktur data secara terarah.

Mengacu pada kondisi yang telah diuraikan, penelitian ini mengangkat judul “Pengembangan Website Simulasi Struktur Data untuk Pembelajaran Informatika di SMK”. Website ini dirancang untuk menyajikan alur pembelajaran struktur data secara terarah melalui visualisasi dan simulasi, sehingga diharapkan dapat membantu siswa memahami konsep struktur data dengan lebih mudah.

2. Metode Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development* (RnD). RnD merupakan metode yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk sekaligus menilai keefektifannya (Sugiyono, 2013). Dalam penelitian ini, model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation).

Tahap pertama adalah analisis (*analyze*). Tahap ini difokuskan pada identifikasi kebutuhan pengembangan website simulasi struktur data. Analisis dilakukan dengan mengkaji kondisi pembelajaran informatika yang berjalan di SMKN 2 Lamongan. Teknik pengumpulan data pada tahap ini meliputi wawancara semi terstruktur dengan wakil kepala sekolah bidang kurikulum dan guru mata pelajaran informatika.

Tahap desain (*design*) merupakan tahap kedua dalam model ADDIE. Pada tahap ini dilakukan perancangan website simulasi struktur data sebelum dilakukan proses pengembangan. Pada tahap ini dilakukan perancangan awal fungsional dan alur sistem yang mencakup *use case diagram*, *use case description*, dan *flowchart*. Perancangan ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai interaksi pengguna dengan sistem serta alur proses pembelajaran pada website.

Tahap ketiga adalah pengembangan (*development*), yang merupakan tahap realisasi dari rancangan produk yang telah disusun pada tahap desain. Pengembangan dilakukan dengan mengintegrasikan konten pembelajaran, elemen visual, dan fitur interaksi pengguna ke dalam sistem berbasis website. Produk yang telah dikembangkan selanjutnya melalui proses validasi oleh ahli media dan ahli pembelajaran untuk menilai kualitas produk yang dikembangkan. Proses penilaian ini dilakukan menggunakan kuesioner dengan skala likert 1-5, di mana aspek dan indikator penilaian dari ahli media ditunjukkan pada Tabel 1 sedangkan penilaian dari ahli pembelajaran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kisi-kisi Instrumen Validasi Ahli Media

No	Indikator	Deskripsi
1.	Efektif dan efisien	Media pembelajaran yang dikembangkan mampu memberikan hasil belajar yang efektif sekaligus dapat diterapkan dengan biaya dan upaya yang efisien.
2.	Kegunaan (<i>Usability</i>)	Media yang dikembangkan ramah pengguna dan mudah digunakan.
3.	Daya tarik (<i>Attractiveness</i>)	Media yang dikembangkan dilengkapi dengan elemen visual menarik, baik dari segi warna, bentuk, dan cara penggunaannya.

(Sumber: Laksana, 2024)

Tabel 2. Kisi-kisi Instrumen Validasi Ahli Pembelajaran

No	Indikator	Deskripsi
1.	Kejelasan tujuan pembelajaran	Tujuan pembelajaran dirumuskan sesuai dengan kompetensi dasar, terukur, dan dapat diimplementasikan secara realistis.
2.	Relevansi tujuan pembelajaran dengan kurikulum	Tujuan pembelajaran jelas dan selaras dengan kurikulum yang berlaku.
3.	Cakupan dan kedalaman tujuan pembelajaran	Tujuan pembelajaran mencakup aspek-aspek spesifik dan mengukur pencapaian pembelajaran yang selaras dengan kebutuhan dan tingkat perkembangan anak.
4.	Relevansi konten dengan tujuan pembelajaran	Materi selaras dengan tujuan pembelajaran, dengan kedalaman dan cakupan yang memadai, serta sesuai dengan tahap perkembangan anak.
5.	Relevansi media pembelajaran	Media pembelajaran dirancang untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.
6.	Memberikan motivasi belajar	Media pembelajaran yang dikembangkan dapat memberikan motivasi belajar bagi siswa.
7.	Kesesuaian media dengan strategi pembelajaran	Strategi pembelajaran yang digunakan selaras dengan tujuan pembelajaran dan terintegrasi dengan penggunaan media pembelajaran.
8.	Kesesuaian media dengan kegiatan pembelajaran	Media pembelajaran dapat merangsang aktivitas pembelajaran yang berpusat pada siswa.
9.	Kemudahan mempelajari langkah-langkah	Langkah-langkah pembelajarannya mudah diterapkan dan secara efektif mengintegrasikan media pembelajaran.
10.	Urutan pembelajaran	Tahapan pembelajaran disusun secara sistematis, berurutan, dan logis untuk mencapai tujuan pembelajaran.
11.	Pemberian contoh dan pembahasan	Penyajian penjelasan, contoh, simulasi, dan kegiatan diskusi disampaikan dengan jelas dan mendukung pemahaman siswa.
12.	Alat penilaian pembelajaran	Instrumen penilaian yang digunakan sesuai dan relevan dengan tujuan pembelajaran.
13.	Umpan balik pembelajaran	Terdapat kegiatan pemberian umpan balik terhadap hasil penilaian prestasi belajar.
14.	Kelengkapan perencanaan pembelajaran	Rancangan rencana pembelajaran harus lengkap, rapi, dan mencakup materi pendukung pembelajaran (seperti panduan penggunaan media).

(Sumber: Laksana, 2024)

Hasil validasi yang didapat kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi dan penyempurnaan produk sehingga diperoleh website simulasi struktur data yang layak digunakan pada tahap implementasi. Hasil penilaian para ahli dilakukan perhitungan persentase dan diinterpretasikan berdasarkan beberapa kategori yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Kelayakan Media dan Pembelajaran

Interval Persentase	Kategori Kelayakan
0% - 39%	Tidak Layak
40% - 55%	Kurang Layak
56% - 65%	Cukup
66% - 79%	Layak
80% - 100%	Sangat Layak

(Sumber: Permata & Nugrahani, 2023)

Tahap keempat adalah implementasi. Tahap ini merupakan tahap penerapan website simulasi struktur data yang telah dikembangkan kepada siswa dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Tahap ini dilaksanakan menggunakan metode *quasi experiment* dengan desain *Nonequivalent Control Group Design*. Sampel dalam penelitian ini melibatkan dua kelas, yaitu kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik 2 sebagai kelas eksperimen dengan jumlah 36 siswa dan kelas X Teknik Pengelasan sebagai kelas kontrol, dengan jumlah 34 siswa. Pemilihan kedua kelas tersebut dilakukan dengan teknik *purposive sampling* berdasarkan rekomendasi guru pengampu mata pelajaran Informatika dengan pertimbangan kesiapan belajar siswa. Proses implementasi diawali dengan pemberian pretest sebelum pembelajaran dilaksanakan untuk mengetahui tingkat kognitif awal siswa terhadap materi struktur data sekaligus menjadi tolok ukur dasar penilaian. Selanjutnya, kedua kelas mengikuti proses pembelajaran dengan model *Problem-Based Learning* (PBL), di mana siswa diminta menyelesaikan permasalahan sehari-hari menggunakan konsep struktur data. Perbedaannya terletak pada fase penyelidikan dan pemecahan masalah, di mana kelas eksperimen didukung oleh penggunaan website simulasi struktur data, sedangkan kelas kontrol menerapkan model PBL tanpa menggunakan website simulasi tersebut. Setelah seluruh kegiatan pembelajaran selesai, siswa diberikan posttest dengan indikator yang sama seperti pretest guna mengukur peningkatan kognitif siswa terhadap materi struktur data secara objektif.

Tahap kelima atau terakhir adalah evaluasi. Tahapan ini bertujuan untuk menilai pengaruh penggunaan website simulasi struktur data dalam pembelajaran. Evaluasi dilakukan berdasarkan data hasil *pretest* dan *posttest* yang diperoleh pada tahap implementasi. Kemudian *posttest* digunakan untuk membandingkan kemampuan kognitif antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selanjutnya, dilakukan uji statistik untuk menganalisis perbedaan

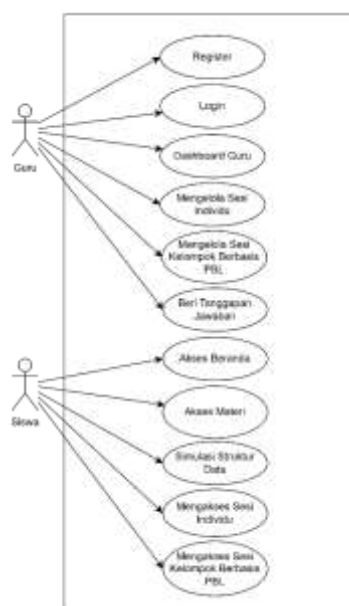
kemampuan kognitif yang terjadi. Hasil analisis pada tahap evaluasi digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan penelitian.

3. Hasil dan Diskusi

Pengembangan media pembelajaran berbasis website ini dirancang sebagai solusi atas kendala visualisasi konsep abstrak dalam materi struktur data di SMK. Proses realisasi media ini dipetakan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi saat implementasi di kelas. Tahap pertama dari model ADDIE adalah analisis (*analyze*) yang difokuskan pada identifikasi kebutuhan pengembangan website simulasi struktur data berdasarkan kondisi nyata pembelajaran informatika di SMKN 2 Lamongan. Melalui wawancara bersama wakil kepala sekolah bidang kurikulum dan guru mata pelajaran informatika, ditemukan bahwa keterbatasan media pembelajaran yang ada belum mampu memberikan representasi proses secara visual. Akibatnya, siswa mengalami kesulitan memahami alur kerja materi struktur data yang memiliki pola kerja berbeda seperti list, stack, dan queue. Permasalahan tersebut menegaskan adanya kebutuhan mendesak akan media simulasi interaktif yang mampu menjembatani konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami oleh siswa SMK, khususnya pada jurusan non-komputer.

Kebutuhan fungsional sistem yang diidentifikasi dari hasil analisis ini kemudian dipetakan menjadi dua fungsi utama, yaitu pengelolaan pembelajaran dan fitur simulasi. Pada fungsi pengelolaan pembelajaran dengan model *Problem-Based Learning* (PBL), sistem harus memungkinkan guru untuk melakukan registrasi, login, membuat sesi pembelajaran, serta memberikan umpan balik atau komentar pada hasil pekerjaan siswa. Sebaliknya, siswa harus dapat bergabung ke dalam sesi PBL, mengerjakan soal, serta melihat umpan balik dari guru. Sementara itu, pada fungsi simulasi, website wajib menyediakan fitur simulasi interaktif untuk materi list (operasi tambah, hapus, ubah elemen), queue (operasi enqueue dan dequeue), serta stack (operasi push dan pop). Selain menyediakan akses materi, seluruh fitur simulasi ini harus mampu menampilkan visualisasi perubahan data secara dinamis melalui animasi pergerakan elemen yang terjadi secara bertahap setiap kali pengguna melakukan operasi pada struktur data.

Setelah kebutuhan fungsional dipetakan, tahapan dilanjutkan ke tahap desain (*design*) untuk menghasilkan rancangan sistem website simulasi struktur data yang komprehensif. Rancangan ini mencakup perancangan fungsional serta alur sistem yang digunakan sebagai cetak biru (*blueprint*) dalam proses pengembangan, dengan fokus menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem serta alur proses pembelajaran yang terintegrasi. Hasil dari tahap desain ini diwujudkan ke dalam *use case diagram*, *use case description*, dan *flowchart* sistem. *Use case diagram* digunakan untuk mempresentasikan hubungan interaksi antara pengguna dan sistem secara visual berdasarkan peran aktor yang terlibat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



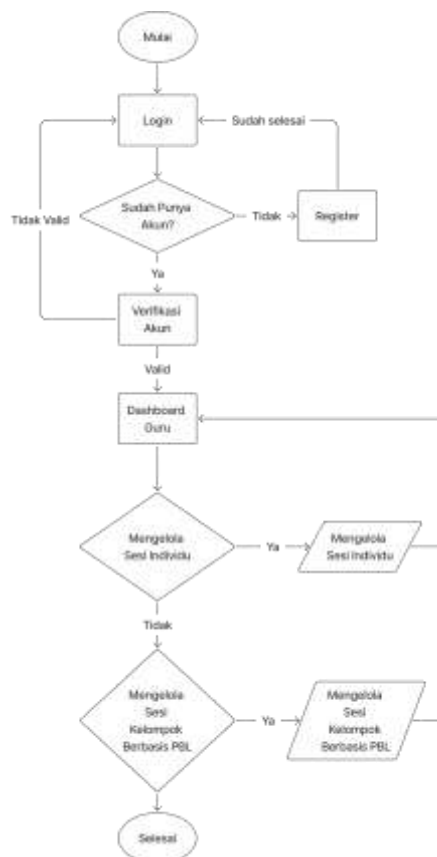
Gambar 1. Use Case Diagram

Rancangan interaksi tersebut kemudian diperjelas secara rinci melalui *use case description* pada Tabel 4 guna mendeskripsikan setiap fungsi sistem, aktor yang terlibat, serta kronologi aktivitas yang terjadi pada website simulasi.

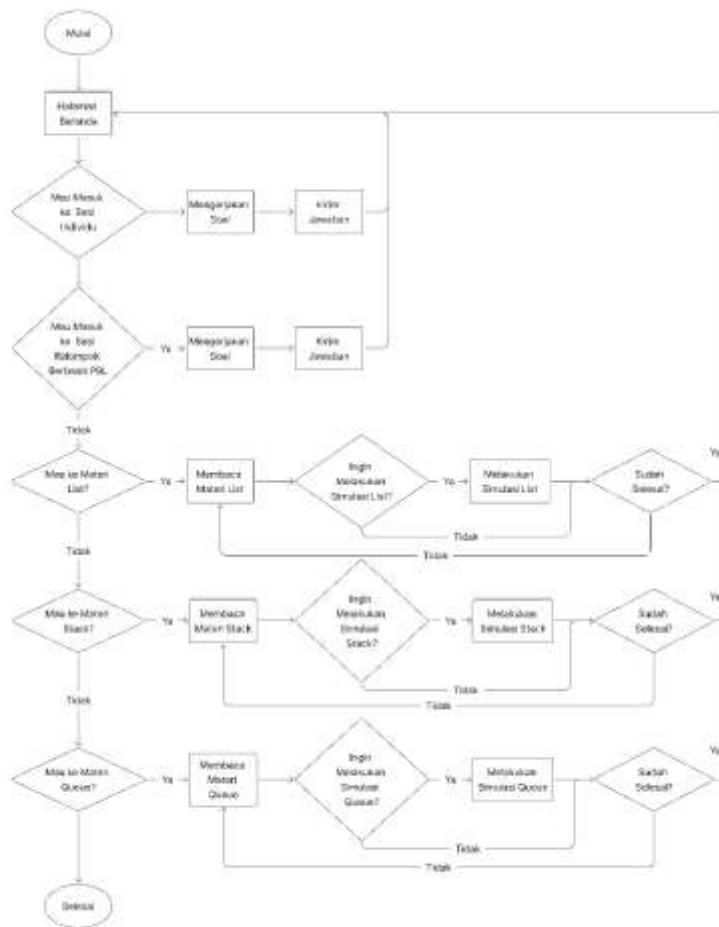
Tabel 4. *Use Case Description*

No	Aktor	Use Case	Deskripsi
1	Guru	Register	Guru melakukan pendaftaran akun untuk memperoleh akses ke sistem.
2	Guru	Login	Guru melakukan login agar dapat mengakses dashboard guru.
3	Guru	Dashboard Guru	Guru mengakses halaman utama pengelolaan yang berisi fitur untuk membuat soal dan memberikan tanggapan jawaban siswa.
4	Guru	Mengelola Sesi Individu	Guru mengelola sesi individu yang nantinya akan diakses dan dikerjakan oleh siswa.
5	Guru	Mengelola Sesi Kelompok Berbasis PBL	Guru mengelola sesi kelompok dengan model PBL yang nantinya akan diakses dan dikerjakan oleh siswa.
6	Guru	Beri Tanggapan Jawaban	Guru memberikan umpan balik atau tanggapan terhadap jawaban yang dikirimkan oleh siswa melalui sistem.
7	Siswa	Akses Beranda	Siswa mengakses halaman awal website sebagai pintu masuk untuk menggunakan fitur pembelajaran yang tersedia.
8	Siswa	Akses Materi	Siswa membuka materi pembelajaran struktur data sebagai referensi dalam memahami konsep yang dipelajari.
9	Siswa	Mengakses Sesi Individu	Siswa mengakses sesi individu kemudian mengerjakan soal yang telah disediakan guru dan mengirimkan jawabannya melalui website.
10	Siswa	Mengakses Sesi Kelompok Berbasis PBL	Siswa mengakses sesi kelompok dengan model pembelajaran PBL kemudian mengerjakan soal yang telah disediakan guru secara dan mengirimkan jawabannya melalui website.
11	Siswa	Simulasi Struktur Data	Siswa melakukan simulasi struktur data untuk memperdalam penguasaan konsep.

Sementara itu, untuk menggambarkan alur proses kerja sistem secara prosedural, disusun flowchart sistem yang menunjukkan urutan aktivitas mulai dari saat pengguna mengakses website hingga menyelesaikan proses tertentu. Mengingat terdapat dua peran pengguna yang berbeda, alur proses ini disajikan secara terpisah pada Gambar 2 untuk alur guru dan Gambar 3 untuk alur siswa.



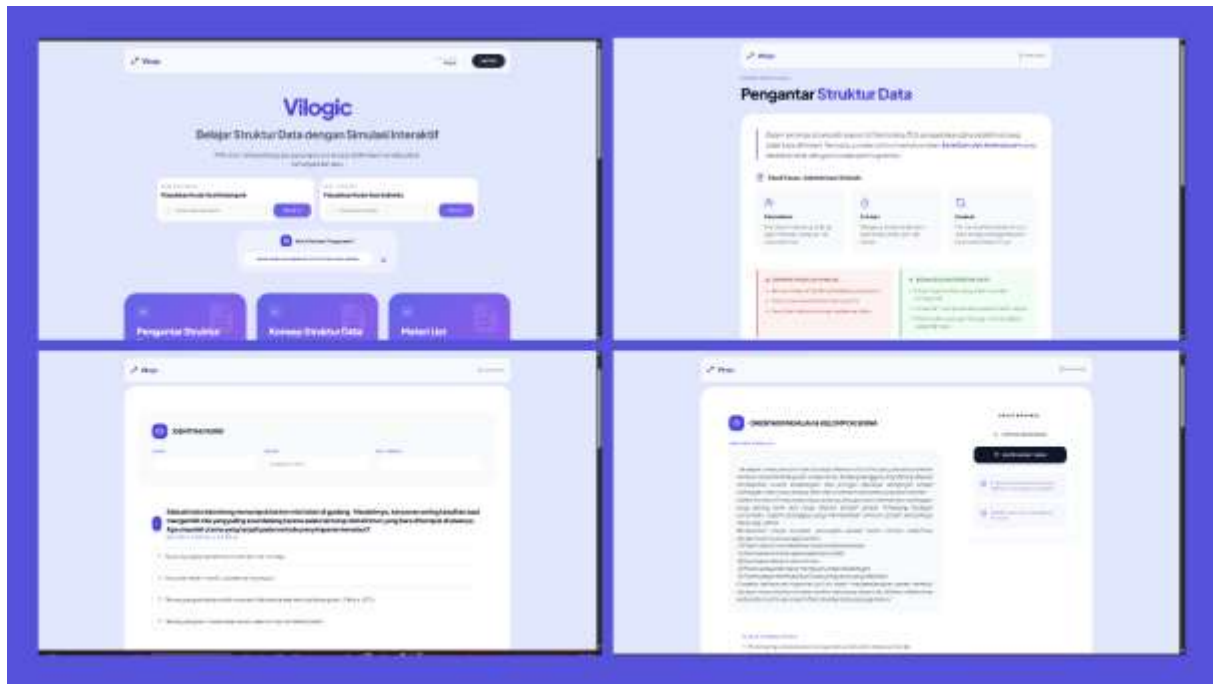
Gambar 2. *Flowchart Aktor Guru*



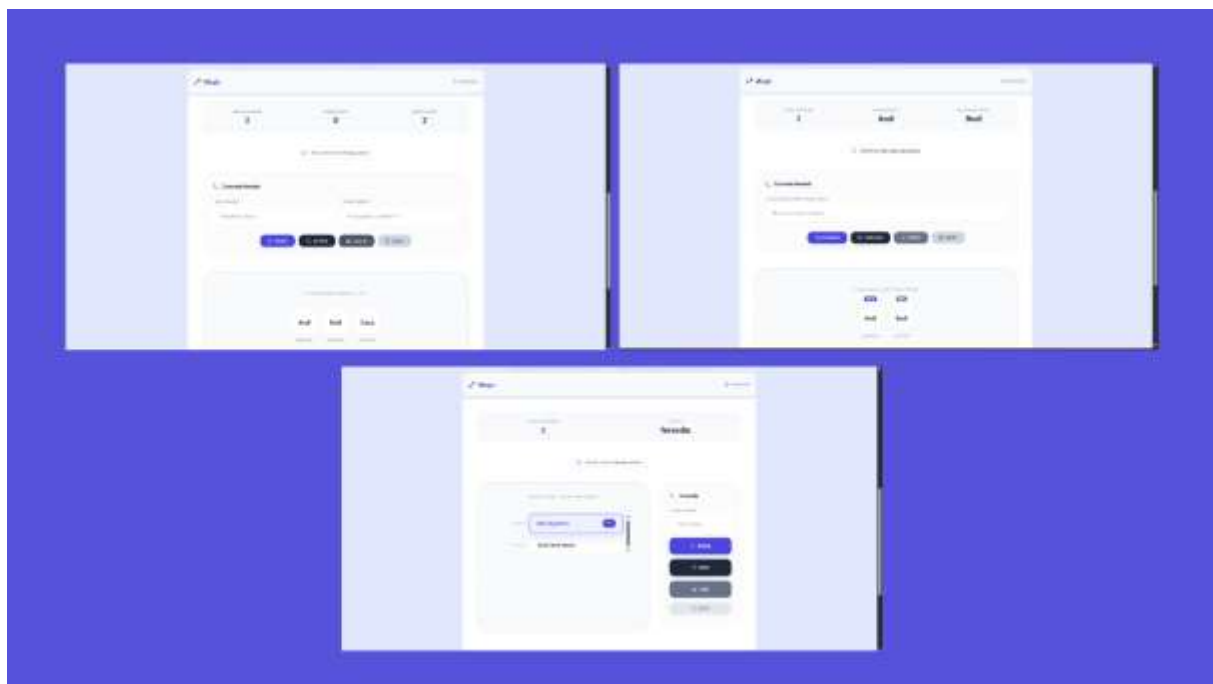
Gambar 3. Flowchart Aktor Siswa

Memasuki tahap pengembangan (*development*), rancangan produk yang telah disusun pada tahap desain direalisasikan menjadi sebuah produk utuh berupa website simulasi struktur data yang siap diimplementasikan. Proses pengodean (*coding*) sistem ini dilakukan dengan mengintegrasikan konten pembelajaran, elemen visual antarmuka, serta fitur interaksi pengguna ke dalam suatu ekosistem berbasis web. Arsitektur aplikasi dibangun menggunakan framework Laravel dengan bahasa pemrograman PHP pada sisi *back-end*, serta didukung oleh HTML, CSS, dan JavaScript pada sisi *front-end* untuk menghasilkan antarmuka pengguna yang responsif. Seluruh proses rekayasa perangkat lunak ini dieksekusi menggunakan Visual Studio Code sebagai code editor, dengan MySQL sebagai sistem manajemen basis data (*database*) yang dijalankan melalui lingkungan local server Laragon.

Website yang berhasil dikembangkan ini mencakup berbagai fungsionalitas utama yang disesuaikan berdasarkan peran pengguna (*user role*), yaitu guru dan siswa. Untuk memberikan gambaran visual yang rinci mengenai produk akhir, hasil implementasi antarmuka dari fitur-fitur utama tersebut disajikan pada serangkaian gambar berikut. Gambar 4 menampilkan halaman beranda, materi, dan diikuti oleh halaman sesi individu dan kelompok. Kemudian pada Gambar 5 menunjukkan halaman simulasi dari konsep list, queue, dan stack.



Gambar 4. Halaman Beranda, Materi, Sesi Individu, dan Sesi Kelompok



Gambar 5. Halaman Simulasi List, Queue, dan Stack

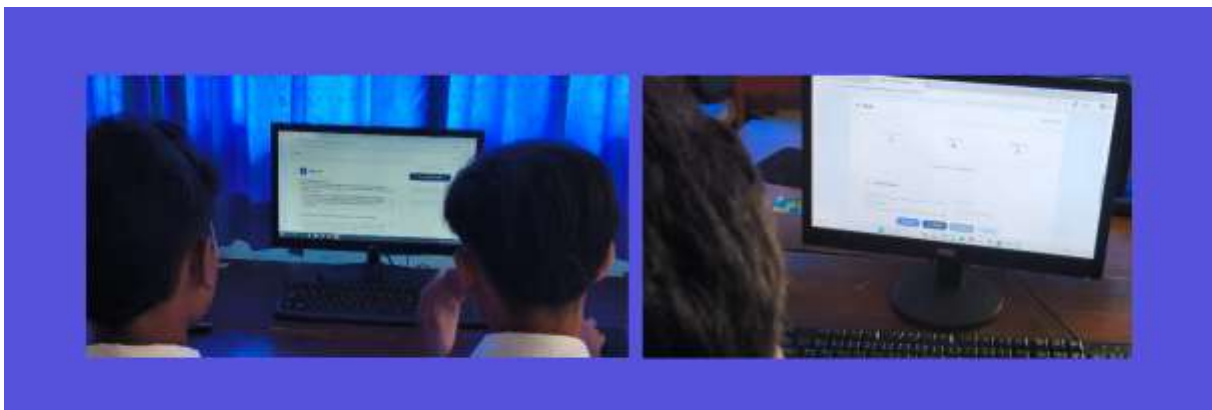
Hasil pengembangan website simulasi struktur data yang telah dikembangkan terlebih dahulu divalidasi oleh ahli pembelajaran dan ahli media. Masing-masing kelompok validator terdiri dari satu orang dosen ahli dan satu orang guru informatika. Pelibatan kedua pihak ini bertujuan agar media yang dikembangkan tidak hanya memiliki landasan teoretis yang kuat dari perspektif akademis, tetapi juga memiliki relevansi praktis yang sesuai dengan kondisi pembelajaran di sekolah. Adapun hasil penilaian dari validasi ahli ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Validasi Ahli

Validasi	Persentase %	Kriteria
Pembelajaran	92.85%	Sangat Layak
Media	95.83%	Sangat Layak

Hasil penilaian pada Tabel 5 menunjukkan bahwa website simulasi struktur data yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat layak. Oleh karena itu, media pembelajaran ini siap diterapkan di kelas melalui tahap implementasi dalam model ADDIE. Implementasi dilakukan di SMKN 2 Lamongan. Seluruh rangkaian kegiatan di lapangan diawali dengan pemberian *pretest* kepada dua kelompok sampel, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, guna mengukur kemampuan kognitif awal mereka pada materi list, stack, dan queue. Setelah data awal didapatkan, proses pembelajaran dilaksanakan pada kedua kelas dengan perlakuan media yang berbeda. Pada kelas eksperimen (X Teknik Instalasi Tenaga Listrik 2), aktivitas pembelajaran didukung penuh oleh penggunaan website simulasi struktur data terintegrasi model *Problem-Based Learning* (PBL). Untuk menciptakan pengalaman akses yang efisien, siswa masuk ke ruang belajar secara instan menggunakan kode akses sesi tanpa melalui prosedur registrasi akun.

Selama proses penyelidikan berkelompok di fitur Ruang Kerja PBL, siswa memanfaatkan simulasi visual interaktif pada website untuk mengamati langsung bagaimana elemen data diproses secara runtun. Visualisasi dinamis ini menjembatani konsep abstrak menjadi konkret, sehingga siswa memiliki ruang eksplorasi mandiri yang lebih luas untuk memecahkan masalah, termasuk mengimplementasikan logika tersebut ke dalam pengembangan program menggunakan bahasa Python agar pembelajaran berorientasi pada penerapan praktis yang relevan. Proses penyelidikan pada kelas eksperimen ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Implementasi Website Simulasi Struktur Data

Sebaliknya, pada kelas kontrol (X Teknik Pengelasan), aktivitas pembelajaran dilaksanakan menggunakan media konvensional sebagai pembanding, di mana penyampaian materi mengandalkan modul cetak dan seluruh pengelolaan tugas dikerjakan secara manual melalui Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Rangkaian implementasi di kedua kelas ini kemudian ditutup dengan pemberian *posttest* sebagai instrumen evaluasi akhir untuk mengukur capaian kemampuan kognitif pasca-pembelajaran.

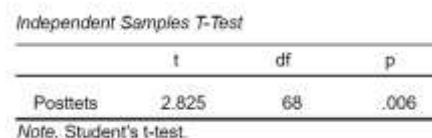
Rangkaian akhir dari model ADDIE adalah tahap evaluasi (*evaluation*) yang dilakukan untuk menilai sejauh mana website simulasi struktur data memberikan dampak nyata terhadap pencapaian belajar siswa. Evaluasi ini diawali dengan analisis deskriptif terhadap perolehan nilai awal (*pretest*) dan akhir (*posttest*) dari kedua kelompok sampel. Hasil analisis deskriptif ditunjukkan pada Gambar 7.

Descriptive Statistics				
	Pretest X TITL 2 (Eksperimen)	Posttest X TITL 2 (Eksperimen)	Pretest X TP (Kontrol)	Posttest X TP (Kontrol)
Valid	36	36	34	34
Mean	28.86	82.33	30.06	77.21
Std. Deviation	4.210	7.211	5.027	7.973

Gambar 7. Analisis Deskriptif

Berdasarkan Gambar 7, data awal (*pretest*) menunjukkan bahwa kelas eksperimen dan kelas kontrol berangkat dari titik awal kemampuan yang sama-sama rendah dengan rerata nilai masing-masing sebesar 28,86 dan 30,06. Kondisi setara ini memberikan landasan bahwa perbedaan capaian pada ujian akhir dapat diinterpretasikan sebagai dampak nyata dari perlakuan pembelajaran. Pasca-pelaksanaan pembelajaran, kedua kelas mencatatkan kenaikan performa akademik, namun kelas eksperimen yang menggunakan website simulasi mencatatkan rerata *posttest* yang lebih tinggi, yaitu sebesar 82,33, dibandingkan kelas kontrol yang mencapai 77,21. Hal ini sejalan dengan penjelasan Amanah dkk. (2023) bahwa pembelajaran berbasis simulasi sengaja dirancang menyerupai situasi nyata untuk mempermudah siswa memahami konsep yang sedang dipelajari. Kondisi tersebut juga didukung oleh pandangan Chafsah (2025), yang mengungkapkan bahwa media simulasi mampu menciptakan suasana belajar yang interaktif dan partisipatif. Alhasil, siswa menjadi lebih terdorong untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri sekaligus mengembangkan kemampuan penalaran mereka secara sistematis.

Hasil analisis deskriptif mengenai keunggulan performa kelas eksperimen ini kemudian diperkuat secara empiris oleh uji beda rata-rata menggunakan *independent t-test*. Sebelum melakukan uji beda rata-rata untuk membuktikan signifikansi perbedaan capaian kedua kelas, data *posttest* terlebih dahulu diuji asumsi prasyaratnya guna menentukan jenis statistik yang akan digunakan. Uji normalitas menggunakan metode Shapiro-Wilk menunjukkan nilai statistik sebesar 0,982 dengan nilai signifikansi (*p*) sebesar 0,408 ($p > 0,05$), yang berarti data dari kedua kelompok sampel berdistribusi normal. Selanjutnya, uji homogenitas varians melalui *Levene's Test* menghasilkan nilai statistik *F* sebesar 1,366 dengan signifikansi (*p*) sebesar 0,247 ($p > 0,05$), yang mengonfirmasi bahwa varians data antara kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah homogen. Terpenuhinya kedua asumsi prasyarat ini mendasari penggunaan analisis inferensial menggunakan uji *Independent Samples T-Test*. Adapun hasil dari uji *Independent Samples T-Test* ditunjukkan pada Gambar 8.



	t	df	p
Posttests	2.825	68	.006

Note. Student's t-test.

Gambar 8. Hasil uji *Independent Samples T-Test*

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 8, diperoleh nilai statistik *t* sebesar 2,825 dengan derajat kebebasan (*df*) sebesar 68, serta nilai signifikansi (*p-value*) sebesar 0,006. Mengingat nilai *p* yang diperoleh jauh lebih kecil dari taraf signifikansi yang ditentukan ($p < 0,05$), maka Hipotesis Nol (*H*₀) ditolak dan Hipotesis Alternatif (*H*₁) diterima. Justifikasi statistik ini membuktikan secara empiris bahwa terdapat perbedaan kemampuan kognitif yang signifikan pada materi struktur data antara siswa kelas eksperimen yang memanfaatkan website simulasi struktur data dan siswa kelas kontrol yang menggunakan media konvensional. Melalui hasil evaluasi menyeluruh ini, dapat disimpulkan bahwa integrasi visualisasi interaktif pada platform memberikan kontribusi dalam memperkuat penguasaan logika serta kemampuan kognitif siswa di SMK.

Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang membuktikan kekuatan media simulasi dalam mendorong capaian akademis. Integrasi model pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi interaktif terbukti memberikan ruang bagi siswa untuk memecahkan masalah melalui visualisasi, sebagaimana yang dikonfirmasi oleh Qothrunnada dkk. (2025) serta Riskawati dkk. (2022) yang menemukan adanya lonjakan hasil belajar yang signifikan ketika simulasi digunakan sebagai instrumen penalaran dalam PBL. Melalui pendekatan ini, konsep-konsep abstrak tidak lagi sekadar dihafal, melainkan diinternalisasi secara sistematis oleh siswa.

Lebih lanjut, akselerasi pemahaman kognitif pada kelas eksperimen dalam penelitian ini juga memperkuat temuan Bui dkk. (2025) dan Simatupang dkk. (2025), yang menegaskan bahwa pemanfaatan media simulasi berbasis digital memberikan luaran belajar kognitif yang jauh lebih tinggi dan superior dibandingkan dengan penggunaan model pembelajaran konvensional. Keberhasilan website ini dalam memfasilitasi eksplorasi mandiri juga sejalan dengan kajian Arum dkk. (2024) mengenai keunggulan penerapan simulasi praktikum berbasis web dalam mengarahkan aktivitas belajar agar lebih terukur dan adaptif bagi kebutuhan siswa.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut sudah membuktikan keunggulan fitur simulasi, penerapannya selama ini masih sering berfokus pada materi sains dan eksakta, seperti Fisika dan Elektronika. Penelitian ini mencoba mengisi celah tersebut dengan menerapkan website simulasi interaktif pada materi yang bersifat logis dan abstrak,

yaitu Struktur Data (list, stack, dan queue) untuk siswa SMK. Melalui hasil pengujian ini, terlihat bahwa website simulasi berbasis web bukan hanya menjadi solusi atas keterbatasan media belajar di kelas, tetapi juga memperkuat teori bahwa simulasi interaktif membantu siswa SMK dalam memahami konsep-konsep pemrograman yang rumit.

4. Kesimpulan

Pengembangan website simulasi struktur data (list, stack, dan queue) dalam penelitian ini dilakukan melalui model ADDIE, dengan perolehan skor validasi sebesar 92,85% dari ahli materi dan 95,83% dari ahli media yang menempatkannya pada kriteria layak digunakan. Hasil pengujian menggunakan Independent Samples T-Test menunjukkan adanya perbedaan capaian kognitif siswa yang signifikan ($t = 2,825$; $p = 0,006 < 0,05$) antara kelas eksperimen yang menggunakan platform simulasi dengan kelas kontrol. Data tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan visualisasi dinamis pada materi pemrograman yang abstrak dapat membantu proses pemahaman siswa. Sebagai langkah pengembangan ke depan, cakupan materi simulasi dapat diperluas pada topik lain seperti tree, graph, atau algoritma sorting. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji coba dengan skala responden yang lebih luas.

Referensi

1. A. Amanah, L., Ardani, A., & Purwaningsih, D. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Simulasi Berbantuan Phet Simulation Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa. *Jurnal Edukasi Dan Sains Matematika (JES-MAT)*, 9(2), 185–198. <https://doi.org/10.25134/jes-mat.v9i2.8527>
2. Arum, S. G. N. T., Puspitasari, E. D., & Saifuddin, M. F. (2024). Implementing website simulation-assisted practicum on students' psychomotoric learning outcomes of grade XI students. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 17(1), 34-44. [HTTPS://DOI.ORG/10.20961/BIOEDUKASI.V17I1.77958](https://doi.org/10.20961/BIOEDUKASI.V17I1.77958)
3. Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2025). Panduan Mata Pelajaran Informatika. Kemendikbudristek.
4. Bui, F. S., Naen, A. B., Maing, C. M. M., & Freitas, M. L. F. (2025). Optimalisasi pemahaman konsep dan aktivitas belajar fisika melalui discovery learning berbasis simulasi PhET pada materi hukum newton. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(1), 47-57. [10.30822/magneton.v3i1.3896](https://doi.org/10.30822/magneton.v3i1.3896)
5. Chafshah, N. A., Asy-Syauqi, I. M., Syafe'i, I., Hadiati, E., & Rahmatika, R. V. (2025). Efektivitas Metode Simulasi Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pendidikan Dasar Di Era Digital. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2), 723-732. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i02.23687>
6. Eric, F., Sinatrya, M. V., Ramdhani, N. D., Ramadhan, R., & Safari, Z. M. R. (2022). Pengaruh Kemajuan Teknologi Informasi Terhadap Perkembangan Akuntansi. *Jurnal Riset Pendidikan Ekonomi (JRPE)*, 7(2), 189–197. <https://doi.org/10.21067/jrpe.v7i2.6877>
7. Kemendikdasmen. (2025). Pembelajaran Mendalam. Dalam Naskah Akademik Pembelajaran Mendalam Menuju Pendidikan Bermutu Untuk Semua. Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah.
8. Laksana, D. N. L. (2024). Validation Instruments for Local Culture-Based Learning Media. *Journal of Education Technology*, 8(2), 264–274. <https://doi.org/10.23887/jet.v8i2.74446>
9. Mendikbudristek. (2022). Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 262/M/2022 tentang Perubahan atas Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 56/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran. Kemendikbudristek. <https://jdih.kemdikbud.go.id/>
10. Permata, R. D., & Nugrahani, R. (2023). Validasi Ahli pada Pengembangan Media Puzzle Book untuk Anak Usia 4-5 Tahun. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(7), 5286–5289. <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i7.2201>
11. Qothrunnada, Pratiwi, H., Suryani, A., & Rochana, F. (2025). The effectiveness of the problem-based learning model assisted by the PhET simulation in improving students' learning outcomes. *Indonesian Journal of Educational Innovation*, 1(2), 13-18. <https://journals.widhatulfaeha.id/index.php/jpkjl/article/view/55>
12. Ramadhan, J. S., & Jin, O. F. (2024). Strategi Pengembangan Teknologi Digital Dalam Metode Kerja Di Industri Konstruksi Untuk Pembangunan Nasional. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(2), 621–630. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i2.26777>
13. Riskawati, Said, S., & Herman, N. M. (2022). Efektivitas simulasi pola LED menggunakan Tinkercad: Media pembelajaran inovatif pada elektronika dasar. *Jurnal Pendidikan Fisika Undhiksa*, 12(1), 524-531. <https://doi.org/10.23887/jipf.v14i3.87201>
14. Risty, A. S. D., & Winarno, A. (2025). Pengaruh Kepemimpinan, Komunikasi Interpersonal, dan Pemanfaatan Teknologi Informasi terhadap Kualitas Layanan Administrasi Perkantoran Kantor Pemerintah Daerah. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(3), 2757–2762. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i3.7263>
15. Simatupang, Y. H., Sigiro, M., & Silaban, B. (2025). Pengembangan media pembelajaran fisika berbasis aplikasi PhET simulation untuk mengukur hasil belajar peserta didik. *JKIP : Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan*, (3), 1213-1223. <https://doi.org/10.55583/jkip.v6i3.1587>