

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Hasil penelitian terdahulu disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan perbandingan antara penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Dengan adanya perbandingan tersebut, penulis dapat mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga dapat ditemukan celah penelitian (*research gap*) yang menjadi dasar dalam pengembangan penelitian ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode/ Teknologi	Kelebihan / Fitur Utama	Perbedaan dengan Penelitian Ini
1	Berliana dkk., 2024	Aplikasi Berbasis Mobile Sebagai Sarana Pemeblajaran Dasar Bahasa Isyarat	Penelitian ini menggunakan metode Waterfall	Penelitian ini berbasis mobile	Penelitian ini berfokus pada penyediaan konten pembelajaran SIBI dalam bentuk aplikasi mobile, namun belum mendukung akses lintas platform berbasis web seperti PWA.
2	Desy dkk., 2024	Merdeka Belajar Dengan Pembelajaran Adaptif Untuk Anak	Menggunakan metode literature review (kajian pustaka) dengan	Menjelaskan konsep pembelajaran adaptif yang menyesuaikan	Penelitian ini menitikberatkan pada kajian konseptual mengenai pembelajaran

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode/ Teknologi	Kelebihan / Fitur Utama	Perbedaan dengan Penelitian Ini
		Berkebutuhan Khusus	analisis konsep pembelajaran adaptif dalam pendidikan inklusi	kebutuhan peserta didik	adaptif tanpa implementasi sistem secara nyata. Tidak terdapat mekanisme teknis yang mengatur perpindahan alur belajar pengguna maupun platform berbasis web interaktif yang dapat diakses secara fleksibel.
3	Mohammad Daniel dkk., 2021	Implementasi Progressive Web App Pada Sistem Informasi E-Learning Untuk Pembelajaran Bahasa Pemrograman Python	Metode pengembangan sistem menggunakan TOGAF Architecture Development Method (ADM) dengan pengujian Black Box Testing.	Mendukung akses online dan offline serta fitur interaktif seperti live code	Penelitian ini telah memanfaatkan PWA untuk meningkatkan fleksibilitas akses, namun alur pembelajaran yang diterapkan masih bersifat linear. Serta sistem belum dirancang untuk menyesuaikan jalur pembelajaran secara adaptif.
4	Antonius Fernando dkk., 2023	Penerapan Metode Finite State Machine Pada Game Pembelajaran Matematika	Studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, konstruksi, kesimpulan dan saran	FSM digunakan untuk mengatur alur permainan dan meningkatkan	Penelitian ini menerapkan FSM dalam konteks permainan edukasi untuk mengatur alur state, namun

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode/ Teknologi	Kelebihan / Fitur Utama	Perbedaan dengan Penelitian Ini
				interaktivitas belajar	belum mengarah pada sistem pembelajaran yang adaptif berbasis performa pengguna.

Berdasarkan tabel penelitian terdahulu, terdapat tiga penelitian yang memiliki keterkaitan paling kuat dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Merdeka Belajar dengan Pembelajaran Adaptif untuk Anak Berkebutuhan Khusus

Penelitian ini memiliki keterkaitan paling kuat karena secara langsung membahas konsep pembelajaran adaptif. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa setiap peserta didik memiliki karakteristik dan kebutuhan belajar yang berbeda, sehingga materi, metode, dan evaluasi harus disesuaikan. Konsep ini menjadi dasar utama dalam penelitian yang diusulkan, khususnya dalam merancang adaptive learning path pada sistem pembelajaran SIBI. Penelitian ini berperan sebagai landasan teoritis, meskipun belum diimplementasikan dalam bentuk sistem digital[7].

2. Implementasi *Progressive Web App* pada Sistem Informasi E-Learning

Penelitian ini memiliki keterkaitan kuat pada aspek teknologi, yaitu penggunaan *Progressive Web App* (PWA) sebagai platform pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PWA mampu memberikan fleksibilitas akses belajar kapan saja dan di mana saja, termasuk dalam kondisi offline. Hal ini mendukung konsep adaptive learning, karena pengguna dapat belajar sesuai ritme masing-masing tanpa

terikat waktu dan tempat. Penelitian ini menjadi dasar dalam pemilihan platform sistem yang akan dikembangkan [8].

3. Penerapan Metode *Finite State Machine* pada Game Pembelajaran Matematika
 Penelitian ini relevan pada aspek mekanisme sistem, yaitu penggunaan *Finite State Machine* (FSM) dalam mengatur alur pembelajaran. FSM memungkinkan sistem merespons tindakan pengguna berdasarkan kondisi tertentu (*state*, *event*, dan *action*). Dalam konteks penelitian ini, FSM dapat digunakan untuk mengatur perpindahan jalur belajar secara adaptif, misalnya menentukan apakah pengguna lanjut ke materi berikutnya atau perlu mengulang materi sebelumnya. Penelitian ini menjadi dasar dalam perancangan logika sistem adaptif [9].

Penjelasan Penelitiain Terkait :

Pembelajaran adaptif (*adaptive learning*) merupakan pendekatan pembelajaran yang menyesuaikan proses belajar berdasarkan karakteristik, kemampuan, dan kebutuhan masing-masing individu. Dalam konsep ini, setiap pengguna tidak diperlakukan secara sama, melainkan diberikan pengalaman belajar yang berbeda sesuai dengan tingkat pemahaman dan interaksi yang dilakukan selama proses pembelajaran.

Prinsip utama dalam *adaptive learning* adalah adanya penyesuaian terhadap materi, metode, dan evaluasi. Sistem pembelajaran harus mampu mendeteksi kemampuan pengguna, kemudian menyesuaikan konten yang diberikan, baik dalam bentuk tingkat kesulitan materi maupun urutan pembelajaran. Hal ini menghasilkan jalur belajar yang berbeda (*adaptive learning path*) bagi setiap pengguna, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan tidak bersifat monoton.

Dalam implementasinya, adaptive learning membutuhkan dukungan teknologi yang mampu mengakomodasi fleksibilitas dan aksesibilitas. Penggunaan *Progressive Web App* (PWA) memungkinkan sistem pembelajaran dapat diakses kapan saja dan di mana saja, sehingga pengguna dapat belajar sesuai dengan ritme masing-masing. Fleksibilitas ini menjadi faktor penting dalam mendukung pembelajaran yang adaptif.

Selain itu, untuk mengatur jalur pembelajaran secara sistematis, diperlukan mekanisme logika yang mampu menentukan alur berdasarkan kondisi tertentu, dimana *Finite State Machine* (FSM) dapat digunakan sebagai model untuk mengatur perpindahan antar kondisi belajar pengguna, dengan setiap state merepresentasikan tahap pembelajaran, serta event dan action menentukan respons sistem terhadap interaksi pengguna, sehingga sistem dapat secara otomatis mengarahkan pengguna ke jalur belajar yang sesuai, seperti melanjutkan materi, mengulang, atau memberikan evaluasi tambahan dengan mengintegrasikan konsep *adaptive learning*, teknologi PWA, dan mekanisme FSM, sehingga menjadi dasar dalam penelitian yang diusulkan untuk merancang sistem pembelajaran SIBI yang tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga mampu menyesuaikan jalur belajar pengguna secara adaptif berdasarkan kemampuan yang dimiliki.

2.2 Landasan Teori

2.2.1. *Progressive Web App* (PWA)

Progressive Web App (PWA) adalah arsitektur aplikasi berbasis web modern yang memanfaatkan fitur browser seperti service worker dan Web App Manifest untuk memberikan pengalaman mirip aplikasi native,

termasuk kemampuan offline, notifikasi, dan pemasangan pada layar utama perangkat. PWA ideal digunakan untuk aplikasi yang harus diakses lintas perangkat tanpa perlu instalasi melalui toko aplikasi formal. Penelitian penerapan PWA pada berbagai jenis sistem informasi menunjukkan bahwa teknologi ini mampu meningkatkan performa aplikasi web dan pengalaman pengguna, terutama dalam kondisi jaringan yang tidak stabil [10].

2.2.2. *Adaptive Learning*

Adaptive learning adalah pendekatan pembelajaran yang menyesuaikan konten, strategi, dan jalur belajar dengan kebutuhan individu pengguna berdasarkan profil, kinerja, dan pola interaksi mereka dengan sistem. Pendekatan ini diyakini dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik, karena materi disesuaikan secara dinamis untuk mendukung kekuatan belajar dan mengatasi kelemahan mereka. Penelitian studi konsep *adaptive learning* menunjukkan bahwa integrasi elemen personalisasi dalam sistem pembelajaran dapat memperkuat keterlibatan dan fleksibilitas belajar. Selain itu, bibliometrik adaptive learning menunjukkan kebutuhan pengembangan teknologi web adaptif yang berkelanjutan [11].

2.2.3. *Finite State Machine (FSM)*

Dalam sistem yang dikembangkan, FSM digunakan untuk mengatur alur pembelajaran pengguna berdasarkan interaksi dan hasil evaluasi. Proses dimulai dari state pembelajaran materi, di mana pengguna mempelajari konten yang tersedia dan menandai materi yang telah dipelajari. Setelah materi ditandai sebagai selesai, pengguna dapat melanjutkan ke state kuis

untuk mengukur pemahaman terhadap materi tersebut. Hasil dari kuis akan diproses pada state evaluasi, di mana sistem menentukan langkah selanjutnya berdasarkan skor yang diperoleh. Jika skor yang diperoleh pengguna berada di atas atau sama dengan batas yang telah ditentukan, maka sistem akan mengarahkan pengguna ke state lanjut materi berikutnya. Sebaliknya, jika skor berada di bawah batas tersebut, maka pengguna akan diarahkan ke state ulang materi untuk memperdalam pemahaman.

Dengan pendekatan ini, FSM memungkinkan sistem untuk memberikan alur pembelajaran yang adaptif dan sesuai dengan kemampuan masing-masing pengguna. Meskipun belum banyak jurnal membahas penerapan FSM pada sistem pembelajaran secara langsung, konsep ini relevan untuk menjelaskan bagaimana alur pembelajaran adaptif dapat dimodelkan sebagai state yang berubah sesuai respons pengguna, sehingga sistem dapat menyesuaikan urutan materi atau umpan balik sesuai kebutuhan pembelajar [12].

2.2.4. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)

SIBI merupakan sistem bahasa isyarat standar yang digunakan di Indonesia. Menurut Kemendikbud, "SIBI terdiri dari 26 abjad, 10 angka dasar, dan sekitar 3000 kosakata yang telah distandardisasi". Pembelajaran SIBI memerlukan pendekatan multimodal yang menggabungkan visual, kinestetik, dan repetisi untuk efektivitas optimal. SIBI dikembangkan oleh orang normal, bukan penderita tunarungu. SIBI sama dengan bahasa isyarat yang digunakan di Amerika yaitu *American Sign Language* (ASL) [13].

2.2.5. *Adaptive Learning Path*

Adaptive Learning Path adalah jalur pembelajaran yang diatur secara dinamis oleh sistem pembelajaran adaptif, sehingga urutan materi, tingkat kesulitan, dan aktivitas belajar dapat berbeda-beda untuk setiap peserta didik, namun tetap menuju tujuan pembelajaran yang sama[14]. Dalam penelitian ini, adaptive learning path diimplementasikan dengan memanfaatkan *Finite State Machine* (FSM) untuk mengatur perpindahan antar materi pembelajaran. Dengan demikian, sistem dapat menentukan jalur belajar yang paling sesuai bagi setiap pengguna berdasarkan hasil evaluasi yang diperoleh.

2.2.6. Bahasa Pemrograman PHP

PHP merupakan bahasa pemrograman yang berjalan di sisi server dan digunakan untuk membangun aplikasi web dinamis. PHP memungkinkan pengolahan data, pengelolaan logika sistem, serta interaksi dengan database untuk menghasilkan halaman web yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. PHP bersifat open source dan dapat diintegrasikan dengan HTML sehingga banyak digunakan dalam pengembangan website modern. Semua syntax yang diberikan akan sepenuhnya dijalankan pada server sedangkan yang dikirimkan ke browser hanya hasilnya saja [15]. Dalam sistem pembelajaran, PHP berperan sebagai pengelola logika *backend* yang mengatur proses seperti autentikasi pengguna, pengolahan data, serta pengambilan keputusan dalam sistem. Dengan kemampuan tersebut, PHP sangat mendukung implementasi *adaptive learning* karena

dapat memproses data pengguna dan menentukan jalur pembelajaran yang sesuai secara dinamis.

2.2.7. Database (MySQL)

Database merupakan sistem yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data secara terstruktur. Dalam sistem pembelajaran, database berfungsi untuk menyimpan data pengguna, materi pembelajaran, serta hasil evaluasi yang digunakan untuk menentukan perkembangan belajar pengguna. MySQL adalah sebuah program database server yang mampu menerima dan mengirimkan datanya dengan sangat cepat, multi user, serta menggunakan perintah standar SQL (*Structured Query Language*) [16]. Penggunaan database memungkinkan sistem untuk menyimpan progres pengguna secara permanen sehingga dapat mendukung penerapan adaptive learning secara lebih optimal.

2.2.8. XAMPP

XAMPP merupakan salah satu perangkat lunak open-source yang sering digunakan dalam pengembangan aplikasi berbasis web. Perangkat ini menyediakan berbagai komponen penting seperti Apache (*webserver*), MySQL (*databaseserver*), PHP (bahasa pemrograman), dan PHPMyAdmin (antarmuka grafis untuk mengelola database MySQL) [17]. XAMPP digunakan untuk menjalankan aplikasi web secara lokal tanpa memerlukan koneksi internet. Dalam proses pengembangan, XAMPP berfungsi sebagai server lokal yang memungkinkan pengembang untuk menguji sistem sebelum diimplementasikan secara online. XAMPP memudahkan proses

instalasi dan konfigurasi karena telah menyediakan berbagai komponen yang dibutuhkan dalam satu paket.

2.2.9. Website

Website merupakan sekumpulan halaman yang saling terhubung dan dapat diakses melalui jaringan internet menggunakan browser. Website berfungsi sebagai media penyampaian informasi yang dapat memuat berbagai jenis konten seperti teks, gambar, audio, dan video. Website adalah kumpulan dari halaman web yang sudah dipublikasikan di jaringan internet dan memiliki domain/URL (*Uniform Resource Locator*) yang dapat diakses semua pengguna internet dengan cara mengetikkan alamatnya. Hal ini dimungkinkan dengan adanya teknologi *World Wide Web* (WWW) halaman website biasanya berupa dokumen yang ditulis dalam format *Hyper Text Markup Language* (HTML), yang bisa diakses melalui HTTP, HTTPS adalah suatu protokol yang menyampaikan berbagai informasi dari server website untuk ditampilkan kepada para user atau pemakai melalui web browser[18]. Dalam sistem pembelajaran, website berperan sebagai platform utama yang memungkinkan pengguna mengakses materi pembelajaran secara fleksibel.

2.2.10. Unified Modeling Language (UML)

Unified Modeling Language (UML) merupakan bahasa pemodelan visual yang terstandarisasi dan digunakan secara luas dalam merancang dan mengembangkan sistem informasi berorientasi objek. UML adalah notasi grafis yang komprehensif yang memungkinkan analis dan desainer untuk

mengkomunikasikan struktur, perilaku, dan interaksi komponen-komponen dalam sistem dengan cara yang jelas dan terstruktur. UML berfungsi untuk memvisualisasikan, mendeskripsikan, dan mendokumentasikan sistem sehingga memudahkan proses analisis serta pengembangan[19].

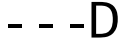
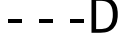
Dalam penelitian ini, UML digunakan untuk memodelkan sistem pembelajaran yang dikembangkan, khususnya dalam menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem serta alur proses pembelajaran yang terjadi. Diagram yang digunakan meliputi, Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram, serta Class Diagram. Berikut adalah diagram UML :

1. Use Case Diagram

Use Case Diagram merupakan salah satu diagram UML yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem. Diagram ini menunjukkan fungsi-fungsi yang tersedia dalam sistem serta hubungan antara pengguna dan sistem yang dikembangkan. Use Case Diagram membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan fungsional sistem dari sudut pandang pengguna. Pada Tabel 2.2 adalah simbol-simbol yang ada pada use case diagram :

Tabel 2.2 Use Case Diagram

Simbol	Nama	Keterangan
	Actor	Entitas yang berinteraksi dengan sistem. Dapat berupa pengguna atau sistem lain.
	Use Case	Fungsionalitas atau layanan yang disediakan sistem kepada aktor.
	Association	Hubungan antara aktor dan use case.

Simbol	Nama	Keterangan
	Include	Menunjukkan bahwa suatu use case selalu memanggil use case lainnya.
	Extend	Menunjukkan perluasan fungsi dari use case tertentu pada kondisi tertentu.
	System Boundary	Batas sistem yang menunjukkan ruang lingkup use case.

2. Activity Diagram

Activity Diagram merupakan diagram UML yang digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas atau proses bisnis yang terjadi dalam suatu sistem. Diagram ini menunjukkan urutan aktivitas, percabangan keputusan, serta proses yang dilakukan mulai dari kondisi awal hingga kondisi akhir. Activity Diagram membantu dalam memahami alur kerja sistem secara lebih jelas. Pada Tabel 2.3 adalah simbol-simbol yang ada pada activity diagram :

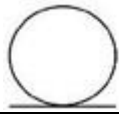
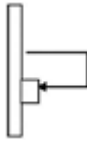
Tabel 2.3 Activity Diagram

Simbol	Nama	Keterangan
	Initial Node	Titik awal aktivitas dimulai.
	Final Node	Titik akhir aktivitas.
	Activity	Aktivitas atau proses yang dilakukan.
	Decision Node	Percabangan berdasarkan kondisi tertentu.
	Merge Node	Penggabungan beberapa alur menjadi satu alur.
	Control Flow	Menunjukkan arah aliran aktivitas.
	Fork Node	Memecah satu proses menjadi beberapa proses paralel.
	Join Node	Menggabungkan beberapa proses paralel menjadi satu proses.

3. Sequence Diagram

Sequence Diagram merupakan diagram UML yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antar objek dalam sistem berdasarkan urutan waktu. Diagram ini menunjukkan bagaimana objek saling berkomunikasi melalui pengiriman pesan untuk menjalankan suatu proses atau fungsi tertentu. Sequence Diagram membantu dalam memahami alur komunikasi yang terjadi dalam sistem. Pada Tabel 2.4 adalah simbol-simbol yang ada pada sequence diagram :

Tabel 2.4 Sequence Diagram

Simbol	Nama	Keterangan
	Entity Class	Gambaran sistem sebagai landasan dalam menyusun basis data.
	Boundary Class	Menangani komunikasi antar lingkungan sistem.
	Control Class	Bertanggung jawab terhadap kelas-kelas terhadap objek yang berisi logika.
	Recursive	Digunakan untuk memodelkan situasi di mana sebuah objek mengirimkan pesan (memanggil method) ke dirinya sendiri.
	Activation	Menunjukkan objek sedang menjalankan proses.
	Life Line	Komponen yang digambarkan garis putus terhubung dengan objek.

4. Class Diagram

Class Diagram merupakan diagram UML yang digunakan untuk menggambarkan struktur statis suatu sistem. Diagram ini menunjukkan kelas-kelas yang terdapat dalam sistem beserta atribut, metode, dan hubungan antar kelas. Class Diagram berfungsi sebagai dasar dalam perancangan dan pengembangan sistem karena menggambarkan struktur data yang akan digunakan. Pada Tabel 2.5 adalah simbol-simbol yang ada pada class diagram :

Tabel 2.5 Class Diagram

Simbol	Nama	Keterangan
	Class	Representasi objek yang memiliki atribut dan metode.
+	Public	Dapat diakses dari luar kelas.
-	Private	Hanya dapat diakses dalam kelas.
#	Protected	Dapat diakses oleh kelas turunan.
——	Association	Hubungan antar kelas.
◇——	Aggregation	Hubungan "memiliki", objek masih dapat berdiri sendiri.
◆——	Composition	Hubungan kuat, objek bergantung pada induknya.
△——	Generalization	Hubungan pewarisan (inheritance).
——D	Dependency	Ketergantungan antar kelas.

2.2.11. Metode Waterfall

Metode Waterfall merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara sistematis dan berurutan, di mana setiap tahapan harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke tahapan berikutnya. Pada metode Waterfall, proses pengembangan sistem dilakukan secara bertahap mulai dari perencanaan, analisis sistem, rancangan atau desain, implementasi, hingga pengujian. Setiap tahap menghasilkan

dokumentasi yang menjadi dasar untuk tahap berikutnya. Oleh karena itu, metode ini sangat cocok digunakan pada proyek yang memiliki kebutuhan sistem yang jelas dan tidak sering mengalami perubahan selama proses pengembangan[20]. Dalam penelitian ini, metode Waterfall digunakan karena kebutuhan sistem pembelajaran SIBI yang akan dikembangkan telah ditentukan sejak awal, sehingga proses pengembangan dapat dilakukan secara terstruktur dan terdokumentasi dengan baik.

2.2.12. *Black Box Testing*

Black Box Testing merupakan salah satu metode pengujian perangkat lunak yang dilakukan dengan cara menguji fungsi-fungsi sistem berdasarkan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditentukan tanpa memperhatikan struktur internal program atau kode sumber yang digunakan. Pengujian ini berfokus pada masukan (*input*) yang diberikan kepada sistem dan keluaran (*output*) yang dihasilkan oleh sistem. Pada metode *Black Box Testing*, penguji tidak perlu mengetahui bagaimana kode program dibuat, melainkan hanya memeriksa apakah fungsi yang tersedia telah bekerja sesuai dengan kebutuhan pengguna. Jika keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan, maka fungsi tersebut dinyatakan berhasil. Sebaliknya, apabila hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, maka fungsi tersebut perlu diperbaiki[21].

Black Box Testing sering digunakan dalam pengujian aplikasi karena metode ini mampu mengevaluasi fungsionalitas sistem secara langsung dari sudut pandang pengguna (*user*). Dengan demikian, pengujian

dapat memastikan bahwa setiap fitur yang tersedia dapat digunakan sebagaimana mestinya. Dalam penelitian ini, *Black Box Testing* digunakan untuk menguji seluruh fitur pada Sistem Pembelajaran SIBI Berbasis *Progressive Web App* (PWA) dengan *Finite State Machine* (FSM) untuk Adaptive Learning Path. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan sistem.