

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBELAJARAN SIBI BERBASIS PROGRESSIVE WEB APP (PWA) DENGAN FINITE STATE MACHINE UNTUK ADAPTIVE LEARNING PATH

Rizka Yuniarti¹, Aang Alim Murtopo², Zaenul Arif³

¹⁻³Tekin Informatika, Sains dan Teknologi, Universitas Harkat Negeri, Jl Mataram No.9, Pesurungan Lor,
Kec. Margadana, Kota Tegal, Jawa Tengah , Indonesia 52147.

*Penulis Korespondensi: rizkayuniartiii@gmail.com¹, aang.alim@gmail.com², zendhunter@gmail.com³

Abstract. *Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) learning still faces challenges, including limited learning media, lack of access flexibility, and the absence of systems capable of adapting the learning path to users' abilities. This study aims to design and develop a SIBI learning system based on a Progressive Web App (PWA) by implementing a Finite State Machine (FSM) to establish an *Adaptive Learning Path*. The development method used is the Waterfall model, consisting of planning, analysis, design, implementation, and testing stages, while data were collected through observation, interviews, and literature studies. The system was developed using PHP and MySQL, with FSM applied to control material transitions based on quiz results, where users must achieve a minimum score of 70 to proceed to the next material. Black Box Testing results indicate that all system features function according to the specified functional requirements. Therefore, the system provides a more flexible, interactive, and accessible SIBI learning medium while supporting an adaptive learning process based on users' abilities.*

Keywords: *Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), Progressive Web App (PWA), Finite State Machine (FSM), Adaptive Learning Path, Black Box Testing.*

Abstrak. Pembelajaran Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) masih menghadapi kendala berupa keterbatasan media pembelajaran, kurangnya fleksibilitas akses, dan belum adanya sistem yang mampu menyesuaikan alur belajar sesuai kemampuan pengguna. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pembelajaran SIBI berbasis Progressive Web App (PWA) dengan menerapkan Finite State Machine (FSM) untuk membentuk *Adaptive Learning Path*. Metode pengembangan yang digunakan adalah Waterfall dengan tahapan perencanaan, analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian, sedangkan pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka. Sistem dikembangkan menggunakan PHP dan MySQL serta menerapkan FSM untuk mengatur perpindahan materi berdasarkan hasil kuis, di mana pengguna harus memperoleh nilai minimal 70 untuk melanjutkan ke materi berikutnya. Hasil pengujian menggunakan metode Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional, sehingga sistem mampu menyediakan media pembelajaran SIBI yang lebih fleksibel, interaktif, mudah diakses, dan mendukung proses pembelajaran yang adaptif sesuai kemampuan pengguna.

Kata kunci: *Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), Progressive Web App (PWA), Finite State Machine (FSM), Adaptive Learning Path, Black Box Testing.*

1. LATAR BELAKANG

Manusia membutuhkan komunikasi untuk menyampaikan gagasan, perasaan, dan informasi. Namun, penyandang tunarungu memiliki keterbatasan dalam mendengar yang berdampak pada kemampuan memahami dan menggunakan bahasa lisan, sehingga bahasa isyarat menjadi salah satu alternatif komunikasi yang penting (Budiman et al., 2023). Di Indonesia, salah satu sistem bahasa isyarat yang digunakan adalah Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), yang telah dikembangkan sejak tahun 1994 dan

digunakan dalam pendidikan luar biasa.(Permana & Sutopo, 2023). Meskipun demikian, akses pembelajaran SIBI masih menghadapi kendala, salah satunya keterbatasan media pembelajaran yang mudah diakses dan efektif. Berdasarkan data Kementerian Sosial Republik Indonesia tahun 2020, terdapat sekitar 1,5 juta penyandang tunarungu atau tuli di Indonesia, sementara perkembangan teknologi telah mendorong pengembangan berbagai sistem pembelajaran dan penerjemahan bahasa isyarat.(DARMATASIA, 2021).

Media pembelajaran SIBI yang tersedia masih cenderung menyajikan materi dengan urutan yang sama bagi seluruh pengguna dan belum sepenuhnya menyesuaikan proses belajar berdasarkan kemampuan masing-masing pengguna. Selain itu, mekanisme evaluasi yang menentukan kelayakan pengguna untuk melanjutkan ke materi berikutnya masih terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem pembelajaran yang mampu menyesuaikan jalur belajar berdasarkan perkembangan pengguna.

Pendekatan *Adaptive Learning Path* dapat digunakan untuk menyesuaikan urutan atau rekomendasi materi berdasarkan hasil belajar. Dalam penelitian ini, jalur pembelajaran ditentukan berdasarkan penyelesaian materi dan hasil kuis, sehingga pengguna yang memenuhi kriteria dapat melanjutkan ke materi berikutnya, sedangkan pengguna yang belum memenuhi kriteria diarahkan untuk mengulang materi. Untuk mengatur perpindahan antar tahapan tersebut secara terstruktur, digunakan *Finite State Machine* (FSM) yang merepresentasikan materi dan kuis sebagai *state*, sedangkan hasil belajar menjadi kondisi *transition*(Dwi Susanto & Arwin Dermawan, 2021).

Selain adaptivitas, aksesibilitas pembelajaran juga menjadi aspek penting. *Progressive Web App* (PWA) dipilih sebagai platform karena bersifat responsif, dapat diakses melalui berbagai perangkat, serta mendukung penggunaan secara offline(Maulidan et al., 2021). Penerapan pembelajaran adaptif juga perlu didukung oleh desain instruksional dan teknologi yang sesuai agar dapat menyesuaikan kecepatan serta kemampuan belajar pengguna(Al Fadillah & Rafli Akbar, 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sistem pembelajaran SIBI berbasis PWA dengan FSM dan *Adaptive Learning Path*. Integrasi ketiga komponen tersebut ditujukan untuk menghasilkan pembelajaran yang lebih fleksibel, terstruktur, dan mampu menyesuaikan jalur belajar berdasarkan perkembangan pengguna.

2. KAJIAN TEORITIS

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(Desy, 2024).

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(Mohammad Daniel Gumilar, 2021).

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 (Fernando et al., 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di SLB Kota Tegal dengan objek penelitian berupa proses pembelajaran Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). Penelitian bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pembelajaran SIBI berbasis Progressive Web App (PWA) dengan menerapkan Finite State Machine (FSM) untuk membentuk Adaptive Learning Path. Sistem dirancang agar pengguna dapat mempelajari materi secara bertahap dan memperoleh jalur pembelajaran yang disesuaikan berdasarkan hasil evaluasi.

Metode pengumpulan data yang digunakan meliputi observasi, wawancara, dan studi pustaka. Observasi dilakukan dengan mengamati proses pembelajaran SIBI dan kebutuhan pengguna di SLB Kota Tegal. Wawancara dilakukan dengan pihak terkait, khususnya pendidik, untuk memperoleh informasi mengenai proses pembelajaran, materi yang digunakan, kendala pembelajaran, serta kebutuhan sistem. Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari buku, jurnal, dan sumber ilmiah yang berkaitan dengan SIBI, PWA, FSM, Adaptive Learning Path, dan pengembangan sistem pembelajaran.

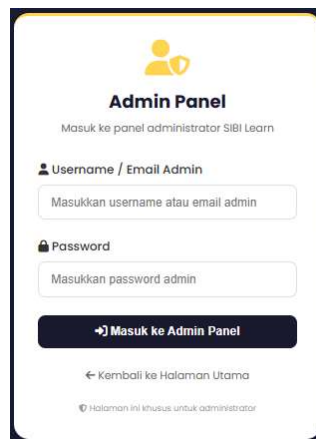
Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah Waterfall, karena proses pengembangan dilakukan secara sistematis dan berurutan. Tahapan pengembangan meliputi perencanaan, analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian. Pada tahap perencanaan ditentukan tujuan, ruang lingkup, dan kebutuhan awal sistem. Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional serta menganalisis proses pembelajaran SIBI. Selanjutnya, tahap perancangan digunakan untuk merancang arsitektur sistem, basis data, antarmuka, UML, serta mekanisme FSM dan Adaptive Learning Path.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap penerapan hasil perancangan ke dalam sistem pembelajaran SIBI berbasis *Progressive Web App* (PWA). Sistem dikembangkan menggunakan PHP dan MySQL dengan menerapkan *Finite State Machine* (FSM) untuk mengatur alur pembelajaran secara adaptif. Implementasi mencakup halaman pengguna, pengelolaan materi dan kuis, proses pembelajaran, pencatatan progres, serta mekanisme perpindahan materi berdasarkan hasil kuis. Pengguna yang memperoleh nilai minimal 70 dapat melanjutkan ke materi berikutnya, sedangkan pengguna yang belum mencapai nilai tersebut diarahkan untuk mengulang materi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem telah menerapkan rancangan yang dibuat dan mampu menjalankan alur pembelajaran sesuai mekanisme *Adaptive Learning Path*.

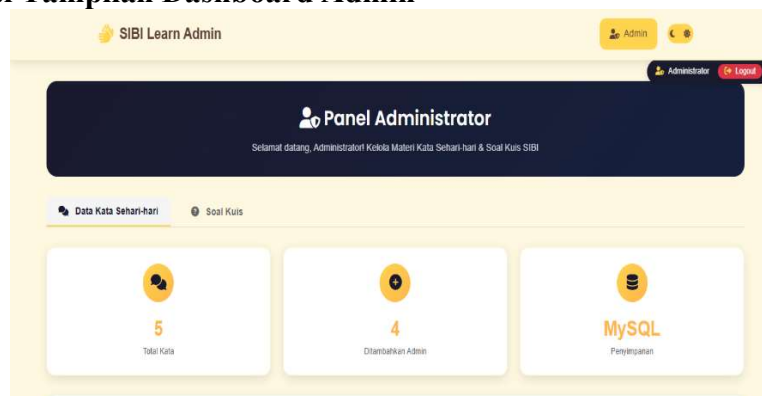
1. Implementasi Tampilan Login Admin



The image shows a login form titled "Admin Panel". It includes a subtitle "Masuk ke panel administrator SIBI Learn". There are two input fields: "Username / Email Admin" with a placeholder "Masukkan username atau email admin" and "Password" with a placeholder "Masukkan password admin". Below these is a dark blue button labeled "Masuk ke Admin Panel". At the bottom, there is a link "Kembali ke Halaman Utama" and a note "Halaman ini khusus untuk administrator".

Halaman Login Admin menyediakan input Username/Email dan Password untuk autentikasi administrator. Data yang valid akan mengarahkan admin ke Dashboard Admin, sedangkan data yang tidak sesuai akan menampilkan pesan kesalahan. Tersedia pula tombol Kembali ke Halaman Utama. Implementasi halaman telah sesuai dengan wireframe dan fungsi autentikasi berjalan dengan baik.

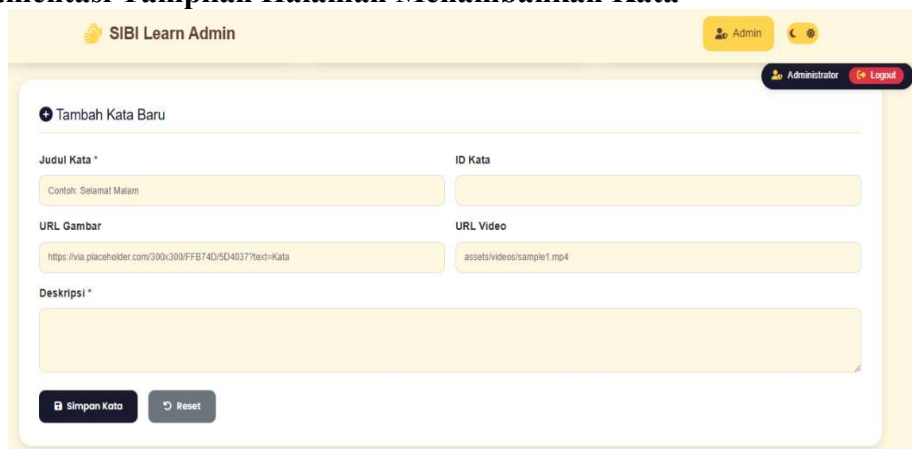
2. Implimentasi Tampilan Dashboard Admin



The image shows the "SIBI Learn Admin" dashboard. It features a top navigation bar with "Admin" and "Logout" buttons. Below this is a "Panel Administrator" header with the subtitle "Selamat datang, Administrator! Kelola Materi Kata Sehari-hari & Soal Kuis SIBI". The main content area has two tabs: "Data Kata Sehari-hari" (active) and "Soal Kuis". There are three data cards: "Total Kata" with a value of 5, "Ditambahkan Admin" with a value of 4, and "MySQL Penyimpanan".

Halaman Dashboard Admin menampilkan ringkasan data sistem, seperti jumlah materi dan soal kuis, serta informasi akun administrator dan tombol Logout. Dashboard juga menyediakan navigasi menuju pengelolaan Kata Sehari-hari dan Soal Kuis. Implementasi telah sesuai wireframe dan seluruh menu berfungsi dengan baik.

3. Implimentasi Tampilan Halaman Menambahkan Kata



The image shows the "Tambah Kata Baru" (Add New Word) form. It has a title "Tambah Kata Baru" and a subtitle "Administrator Logout". The form contains several input fields: "Judul Kata *" (with a placeholder "Contoh: Selamat Malam"), "ID Kata", "URL Gambar" (with a placeholder "https://via.placeholder.com/300x300/FFB74D/5D4037?text=Kata"), "URL Video" (with a placeholder "assets/videos/sample1.mp4"), and "Deskripsi *". At the bottom, there are two buttons: "Simpan Kata" and "Reset".

Halaman ini menampilkan formulir yang terdiri atas beberapa field input yaitu Judul Kata, ID Kata, URL Gambar, URL Video, dan Deskripsi. Seluruh data yang diinput

administrator akan disimpan ke dalam database dan digunakan sebagai materi pembelajaran pada aplikasi SIBI Learn. Pada bagian bawah formulir terdapat tombol Simpan Kata yang digunakan untuk menyimpan data ke database serta tombol Reset untuk menghapus seluruh data yang telah diinput. Setelah data berhasil disimpan, materi baru akan secara otomatis ditampilkan pada halaman pembelajaran pengguna. Implementasi halaman ini telah berjalan sesuai dengan rancangan yang dibuat sebelumnya.

4. Implimentasi Tampilan Halaman Mengedit Kata Video/Gambar



Halaman menampilkan data materi yang sebelumnya telah tersimpan sehingga administrator dapat mengubah informasi seperti judul kata, URL gambar, URL video, maupun deskripsi materi. Seluruh data lama akan ditampilkan secara otomatis pada setiap field sehingga administrator hanya perlu melakukan perubahan pada bagian yang diperlukan. Setelah proses perubahan selesai dilakukan, administrator dapat menekan tombol Update Kata untuk menyimpan perubahan ke dalam database atau tombol Reset untuk mengembalikan data ke kondisi sebelumnya. Implementasi halaman ini memudahkan administrator dalam melakukan pembaruan materi pembelajaran secara cepat dan efisien.

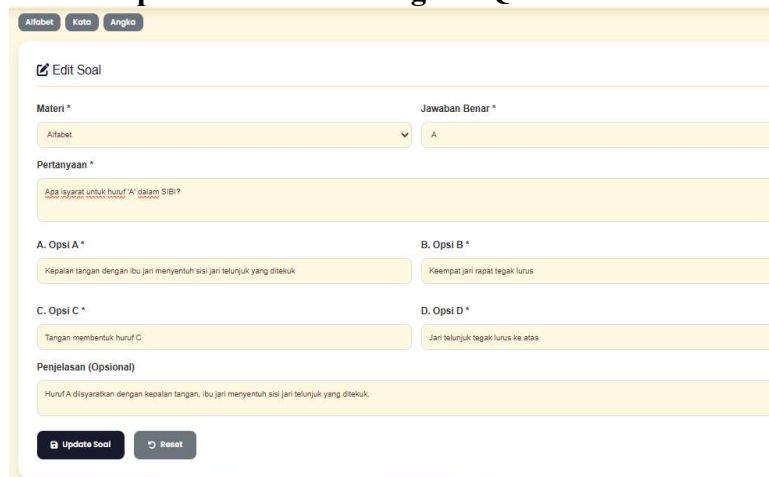
5. Implimentasi Tampilan Halaman Menambahkan Quiz



Halaman ini menampilkan formulir yang terdiri atas beberapa field input yaitu Materi, Pertanyaan, Opsi Pilihan, Jawaban Benar, dan penjelasan. Seluruh data yang diinput

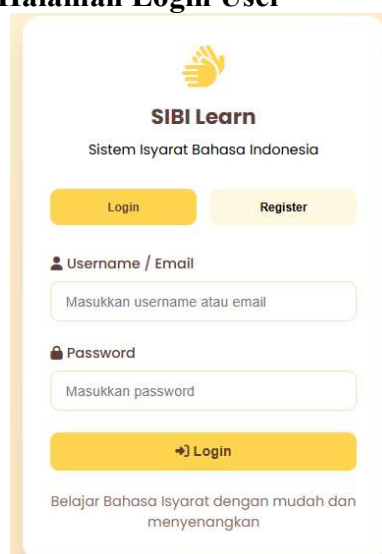
administrator akan disimpan ke dalam database dan digunakan sebagai materi pembelajaran pada aplikasi SIBI Learn. Pada bagian bawah formulir terdapat tombol Simpan Soal yang digunakan untuk menyimpan data ke database serta tombol Reset untuk menghapus seluruh data yang telah diinput. Setelah data berhasil disimpan, quiz baru akan secara otomatis ditampilkan pada halaman pembelajaran pengguna. Implementasi halaman ini telah berjalan sesuai dengan rancangan yang dibuat sebelumnya.

6. Implementasi Tampilan Halaman Mengedit Quiz



Halaman menampilkan data materi yang sebelumnya telah tersimpan sehingga administrator dapat mengubah informasi Materi, Pertanyaan, Opsi Pilihan, Jawaban Benar, dan penjelasan. Seluruh data lama akan ditampilkan secara otomatis pada setiap field sehingga administrator hanya perlu melakukan perubahan pada bagian yang diperlukan. Setelah proses perubahan selesai dilakukan, administrator dapat menekan tombol Update Soal untuk menyimpan perubahan ke dalam database atau tombol Reset untuk mengembalikan data ke kondisi sebelumnya. Implementasi halaman ini memudahkan administrator dalam melakukan pembaruan materi pembelajaran secara cepat dan efisien.

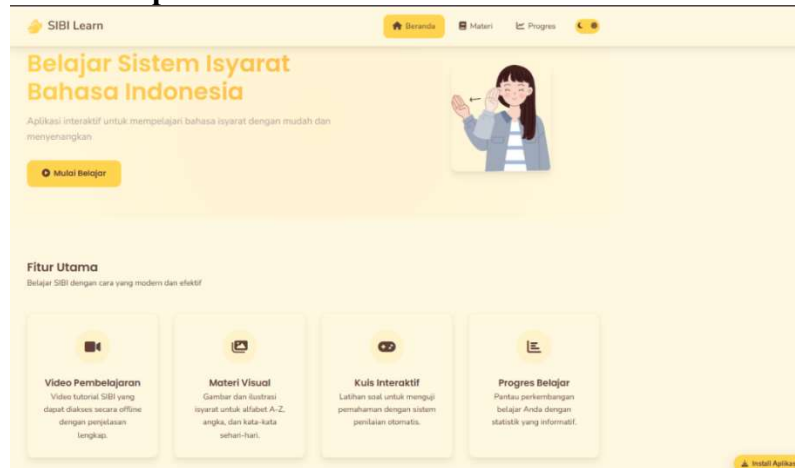
7. Implementasi Tampilan Halaman Login User



Halaman Login User menampilkan identitas aplikasi berupa logo dan judul User Panel sebagai penanda bahwa halaman tersebut hanya dapat diakses oleh User. Halaman ini

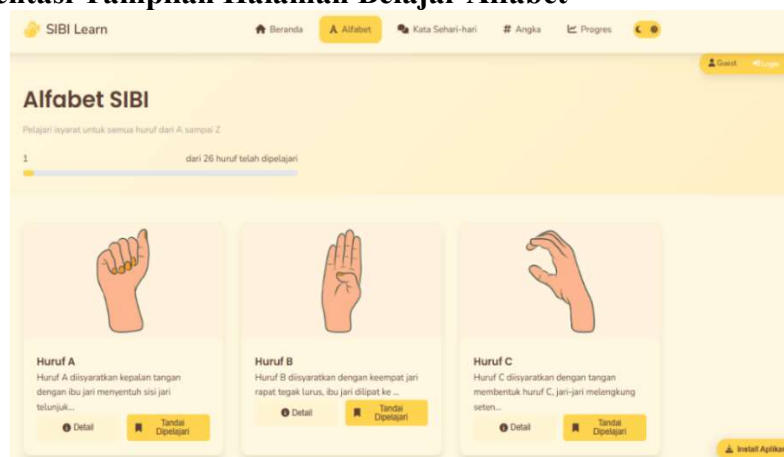
menyediakan dua buah field input yaitu Username/Email Admin dan Password yang digunakan untuk proses autentikasi administrator. Selain itu, terdapat tombol Masuk Panel yang berfungsi untuk mengirimkan data login ke sistem agar dilakukan proses validasi. Apabila data username/email dan password yang dimasukkan sesuai dengan data yang tersimpan pada database dan sudah melakukan registrasi, maka sistem akan mengarahkan menuju halaman Dashboard User. Sebaliknya, apabila data yang dimasukkan tidak sesuai, sistem akan menampilkan pesan kesalahan sehingga User dapat melakukan login kembali.

8. Implementasi Tampilan Halaman Dashboard User



Halaman Dashboard User menampilkan beberapa fitur utama aplikasi, seperti Video Pembelajaran, Materi Visual, Kuis Interaktif, dan Progres Belajar. Masing-masing fitur disajikan dalam bentuk kartu (card) yang memberikan gambaran mengenai fungsi dari setiap layanan yang tersedia. Di bagian bawah halaman juga terdapat menu Akses Cepat yang menyediakan pilihan materi Alfabet SIBI, Angka SIBI, dan Kata Sehari-hari, sehingga pengguna dapat langsung memilih materi yang ingin dipelajari tanpa harus melalui beberapa halaman terlebih dahulu. Implementasi halaman ini telah sesuai dengan rancangan wireframe yang dibuat sebelumnya dan seluruh menu navigasi maupun tombol telah berfungsi dengan baik sesuai kebutuhan sistem.

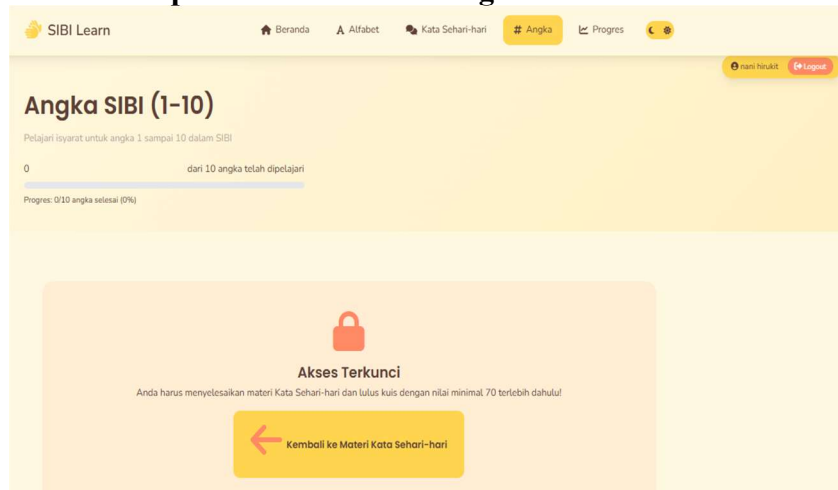
9. Implementasi Tampilan Halaman Belajar Alfabet



Halaman Belajar Alfabet menampilkan progress pembelajaran pada bagian atas halaman yang menunjukkan jumlah materi alfabet yang telah dipelajari oleh pengguna. Informasi progres tersebut membantu pengguna dalam memantau perkembangan belajar serta

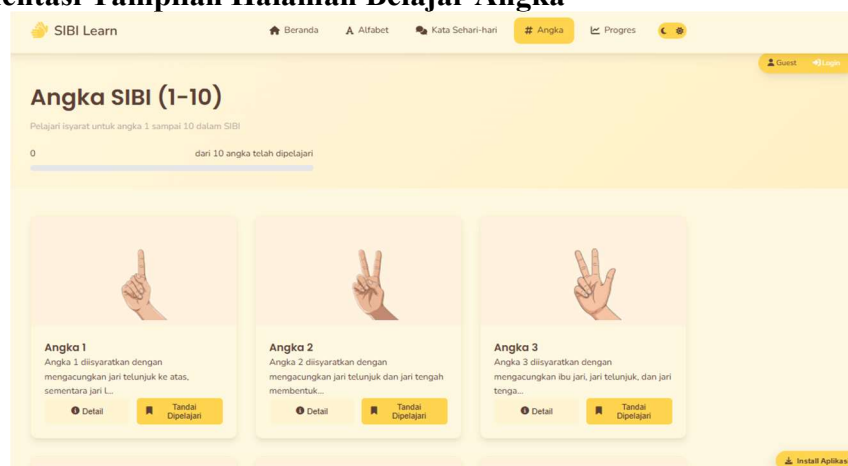
mengetahui materi yang masih harus diselesaikan. Di bawah progress bar ditampilkan daftar materi alfabet dalam bentuk kartu (card), di mana setiap kartu berisi gambar atau video isyarat, nama huruf, deskripsi singkat, tombol Detail, serta tombol Tandai Dipelajari. Tombol Detail digunakan untuk menampilkan informasi yang lebih lengkap mengenai materi, sedangkan tombol Tandai Dipelajari digunakan untuk mencatat bahwa materi tersebut telah selesai dipelajari oleh pengguna.

10. Implementasi Tampilan Akses Materi Angka Terkunci



Pada halaman materi Angka SIBI (1–10), sistem menampilkan pesan “Akses Terkunci” karena pengguna belum menyelesaikan materi Kata Sehari-hari dan belum memperoleh nilai minimal 70 pada kuis. Sesuai mekanisme *Adaptive Learning Path*, materi harus diselesaikan secara berurutan sebelum pengguna dapat melanjutkan ke tahap berikutnya. Sistem menyediakan tombol “Kembali ke Materi Kata Sehari-hari” sebagai arahan untuk menyelesaikan tahap sebelumnya. Mekanisme ini menerapkan *Finite State Machine* (FSM), di mana perpindahan dari state Kata Sehari-hari ke state Angka hanya dapat dilakukan apabila seluruh materi telah diselesaikan dan nilai kuis mencapai minimal 70. Setelah kondisi terpenuhi, sistem membuka akses materi Angka dan memperbarui status pembelajaran pengguna.

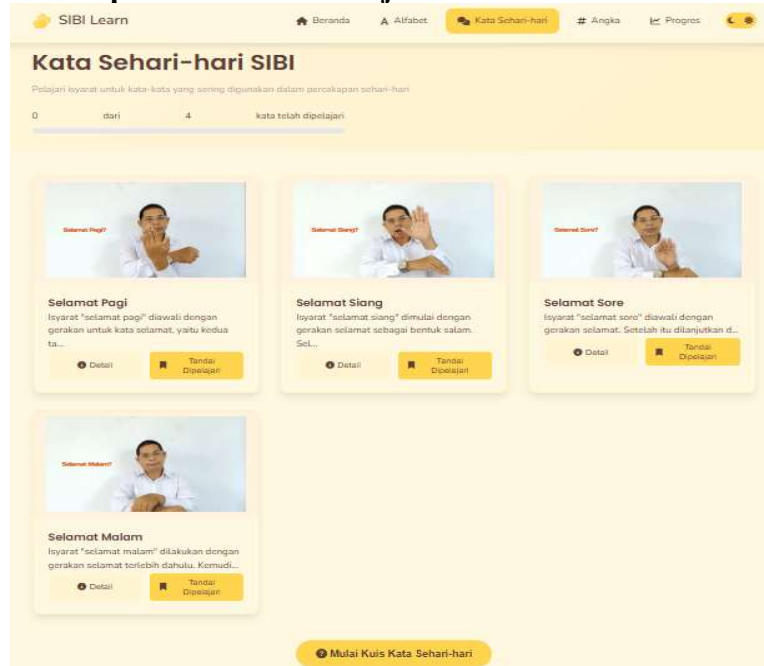
11. Implementasi Tampilan Halaman Belajar Angka



Halaman Belajar Angka menampilkan progress pembelajaran pada bagian atas halaman yang menunjukkan jumlah materi angka yang telah dipelajari oleh pengguna. Progress tersebut membantu pengguna dalam mengetahui perkembangan proses pembelajaran sehingga pengguna dapat melihat materi yang telah diselesaikan maupun materi yang

masih harus dipelajari. Di bawah progress bar ditampilkan daftar materi angka dalam bentuk kartu (card), yang masing-masing berisi gambar atau video isyarat angka, nama angka, deskripsi singkat mengenai materi, tombol Detail, serta tombol Tandai Dipelajari. Tombol Detail berfungsi untuk menampilkan informasi yang lebih lengkap mengenai gerakan isyarat angka, sedangkan tombol Tandai Dipelajari digunakan untuk mencatat bahwa materi tersebut telah selesai dipelajari oleh pengguna.

12. Implimentasi Tampilan Halaman Belajar Kata Sehari-hari



Halaman Belajar Kata Sehari-hari menampilkan progres pembelajaran dan daftar materi dalam bentuk card yang berisi video atau gambar isyarat, judul, deskripsi, tombol Detail, dan Tandai Dipelajari. Setelah seluruh materi diselesaikan, tombol Mulai Kuis akan aktif sebagai evaluasi pembelajaran. Nilai kuis digunakan untuk menentukan keberhasilan pengguna, dengan nilai minimal 70 sebagai kriteria kelulusan. Implementasi halaman telah sesuai wireframe dan mendukung pembelajaran yang terstruktur serta menerapkan mekanisme *Adaptive Learning Path*.

13. Impelemntasi Tampilan Halaman Mengerjakan Quiz



Halaman ini menampilkan informasi nomor soal yang sedang dikerjakan, progress pengerjaan kuis, pertanyaan, serta empat pilihan jawaban yang dapat dipilih oleh pengguna. Pengguna hanya dapat memilih satu jawaban pada setiap soal sebelum melanjutkan ke soal berikutnya dengan menekan tombol Selanjutnya.

14. Implementasi Tampilan Halaman Hasil Quiz



Halaman ini menampilkan informasi berupa nilai akhir yang diperoleh pengguna, jumlah jawaban benar, status kelulusan, serta pembahasan setiap soal yang telah dikerjakan. Apabila nilai yang diperoleh kurang dari 70, sistem akan menampilkan informasi bahwa pengguna harus mengulang pembelajaran dan mengerjakan kuis kembali. Sebaliknya, apabila nilai mencapai atau melebihi 70, sistem akan memberikan notifikasi bahwa pengguna berhasil menyelesaikan materi dan membuka akses menuju materi berikutnya.

B. HASIL PENGUJIAN

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan setiap fungsi berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian mencakup fitur login, pengelolaan materi dan kuis, proses pembelajaran, penilaian, progres pengguna, serta penerapan *Adaptive Learning Path* dan FSM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan memenuhi kebutuhan fungsional sistem. Hasil pengujian disajikan pada Tabel berikut.

No	Fitur yang Diuji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil	Status
1	Login Admin	Sistem menampilkan Dashboard Admin	Sistem berhasil memverifikasi data login administrator dan mengarahkan pengguna ke halaman Dashboard Admin.	Berhasil
2	Login User	Sistem menampilkan Dashboard User	Sistem berhasil memverifikasi akun pengguna dan mengarahkan pengguna	Berhasil

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBELAJARAN SIBI BERBASIS PROGRESSIVE WEB APP (PWA) DENGAN FINITE STATE MACHINE UNTUK ADAPTIVE LEARNING PATH

No	Fitur yang Diuji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil	Status
			ke halaman Dashboard User.	
3	Dashboard Admin	Dashboard berhasil ditampilkan	Sistem berhasil menampilkan dashboard administrator yang berisi informasi jumlah materi, jumlah soal kuis, serta menu pengelolaan sistem.	Berhasil
4	Admin Menambahkan Materi Kata	Data materi berhasil disimpan	Sistem berhasil menyimpan data materi baru ke database dan materi langsung ditampilkan pada daftar materi pembelajaran.	Berhasil
5	Admin Mengedit Materi	Data berhasil diperbarui	Sistem berhasil memperbarui judul materi dan perubahan langsung ditampilkan pada daftar materi pembelajaran.	Berhasil
6	Admin Menambahkan Quiz	Data soal berhasil disimpan ke database	Sistem berhasil menyimpan data soal ke database dan soal baru langsung muncul pada daftar soal kuis sesuai kategori yang dipilih.	Berhasil
7	Admin Mengedit Quiz	Perubahan tersimpan	Sistem berhasil memperbarui isi pertanyaan dan perubahan langsung ditampilkan pada daftar soal kuis	Berhasil
8	Dashboard User	Dashboard tampil	Sistem berhasil menampilkan halaman dashboard beserta menu navigasi, fitur utama, dan informasi pembelajaran sesuai akun pengguna	Berhasil
9	Belajar Alfabet User	Daftar materi alfabet tampil	Sistem berhasil menampilkan seluruh materi alfabet beserta gambar, deskripsi, dan	Berhasil

No	Fitur yang Diuji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil	Status
			tombol aksi pada setiap materi.	
10	Belajar Kata Sehari-hari	Muncul halaman	Sistem menampilkan pesan bahwa materi masih terkunci dan pengguna harus menyelesaikan materi alfabet serta memperoleh nilai minimal 70.	Berhasil
11	Belajar Angka User	Materi tetap terkunci	Sistem menampilkan halaman akses terkunci dan mengarahkan pengguna untuk menyelesaikan materi kata sehari-hari terlebih dahulu.	Berhasil
12	Mengerjakan Quiz User	Jawaban tersimpan	Sistem berhasil menyimpan pilihan jawaban pengguna untuk soal yang sedang dikerjakan.	Berhasil
13	Hasil Quiz	Pengguna dinyatakan lulus dan materi berikutnya terbuka	Sistem menampilkan status Lulus , menyimpan nilai ke database, memperbarui progres belajar, serta membuka akses ke materi berikutnya sesuai alur FSM.	Berhasil

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun aplikasi pembelajaran SIBI berbasis *Progressive Web App* (PWA) yang menyediakan materi abjad A–Z, angka 1–10, dan kata sehari-hari dalam bentuk gambar, video, dan deskripsi sehingga mendukung pembelajaran yang interaktif.

Implementasi PWA memungkinkan aplikasi diakses dan dipasang melalui browser tanpa melalui toko aplikasi. Sistem juga memiliki antarmuka responsif dan mendukung penyimpanan *cache* untuk meningkatkan fleksibilitas akses pada *Google Chrome*.

Finite State Machine (FSM) berhasil diterapkan untuk mengatur *Adaptive Learning Path* berdasarkan penyelesaian materi dan nilai kuis. Pengguna harus menyelesaikan materi sebelumnya dan memperoleh nilai minimal 70 untuk dapat melanjutkan ke materi berikutnya.

Hasil *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem, meliputi login, pengelolaan materi dan kuis, pembelajaran, pencatatan progres, serta evaluasi, berjalan sesuai kebutuhan fungsional. Pengujian pada partisipan juga menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan sebagai media pembelajaran SIBI.

Sistem masih memiliki keterbatasan pada cakupan materi, yaitu abjad A–Z, angka 1–10, dan kata sehari-hari. *Adaptive Learning Path* juga masih berdasarkan nilai kuis dan progres belajar, serta belum mendukung fitur seperti *sign language recognition*, kolaborasi pembelajaran, dan analisis gaya belajar secara mendalam.

SARAN

Materi pembelajaran dapat dikembangkan dengan menambahkan kosakata SIBI yang lebih lengkap, seperti kalimat, percakapan, ekspresi, dan materi dengan tingkat kesulitan yang beragam agar pembelajaran lebih komprehensif.

Mekanisme *Adaptive Learning Path* dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan riwayat belajar, tingkat kesulitan soal, dan waktu penyelesaian, serta memanfaatkan *Artificial Intelligence* atau *Machine Learning* untuk menghasilkan rekomendasi materi yang lebih personal.

Aplikasi dapat dikembangkan menjadi aplikasi *native Android* dan *iOS* serta meningkatkan fitur offline agar materi, video, dan progres belajar dapat diakses tanpa koneksi internet.

Pengujian selanjutnya dapat melibatkan lebih banyak responden, termasuk penyandang tunarungu, guru, dan praktisi bahasa isyarat agar hasil evaluasi lebih representatif.

Fitur sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan *sign language recognition*, latihan interaktif, forum diskusi, sistem penilaian adaptif, dan integrasi dengan media pembelajaran lainnya untuk meningkatkan efektivitas dan pengalaman belajar.

DAFTAR REFERENSI

- Al Fadillah, Y., & Rafli Akbar, A. (2024). Strategi Desain Pembelajaran Adaptif Untuk Meningkatkan Pengalaman Belajar di Era Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Terapan*, 01, 354–362.
- Budiman, S. N., Lestanti, S., Yuana, H., & Awwalin, B. N. (2023). Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika SIBI (Sistem Bahasa Isyarat Indonesia) berbasis Machine Learning dan Computer Vision untuk Membantu Komunikasi Tuna Rungu dan Tuna Wicara. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Informatika*, 9(2), 119–128. <http://http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmi>
- DARMATASIA. (2021). PENGENALAN SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI) MENGGUNAKAN GRADIENT-CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DARMATASIA Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi. *Jurnal Instek*, 6(1).
- Desy, M. L. D. P. P. S. O. A. (2024). Merdeka Belajar Dengan Pembelajaran Adaptif Untuk Anak Berkebutuhan Khusus. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia*, 398–404.
- Dwi Susanto, R., & Arwin Dermawan, D. (2021). Implementasi Finite State Machine dan Algoritma Naïve Bayes pada Game Lord Of Sewandono. *Journal of Informatics and Computer Science*, 03.

- Fernando, A., Costaner, L., Devega, M., & Lancang Kuning, U. (2023). Penerapan Metode Finite State Machine Pada Game Pembelajaran Matematika. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 3(1), 60–68.
- Maulidan, M. H., Sukmawati, A., & Suryaningsih, Y. (2021). Media Berbasis Progressive Web Application (PWA) pada Pembelajaran Perpangkatan dan Bentuk Akar dengan Metode Tutorial. In *Computing and Education Technology Journal (CETJ)*. <http://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/cetj>
- Mohammad Daniel Gumilar, F. S. A. E. (2021). IMPLEMENTASI PROGRESSIVE WEB APP PADA SISTEM INFORMASI E-LEARNING UNTUK PEMEBELAJARAN BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, Vol. 10, No. 2, 309–318.
- Permana, D., & Sutopo, J. (2023). APLIKASI PENGENALAN ABJAD SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI) DENGAN ALGORITMA YOLOv5 MOBILE APPLICATION ALPHABET RECOGNITION OF INDONESIAN LANGUAGE SIGN SYSTEM (SIBI) USING YOLOv5 ALGORITHM. *Jurnal SimateC*, 11(2).