

APLIKASI E-LEARNING INTERAKTIF UNTUK PEMBELAJARAN BAHASA ISYARAT BAGI TUNA RUNGU WICARA BERBASIS MULTIMEDIA

Kenza Rivando Arghata, Aris Rakhmadi

Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jalan. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Surakarta, Jawa Tengah
Kenzarivando789@gmail.com

ABSTRAK

Pembelajaran bahasa isyarat bagi pengguna tuna rungu wicara memerlukan media yang mudah diakses dan menekankan penyajian informasi secara visual. Namun, ketersediaan media pembelajaran yang terstruktur, sederhana, dan dapat digunakan secara mandiri masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi *e-learning* berbasis web untuk pembelajaran bahasa isyarat. Metode yang digunakan adalah *Waterfall*, yang meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, pengembangan, pengujian, dan pemeliharaan. Aplikasi dibangun menggunakan *Google Apps Script* sebagai platform *web app* dan *Google Spreadsheet* sebagai media penyimpanan data. Hasil pengujian *Black Box Testing* menunjukkan bahwa fungsi utama sistem berjalan sesuai kebutuhan, sedangkan pengujian *System Usability Scale* (SUS) pada 27 responden di SLB Negeri Sukoharjo memperoleh nilai rata-rata 68,61 yang menunjukkan bahwa aplikasi memiliki tingkat usability yang cukup baik. Dengan demikian, aplikasi yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran bahasa isyarat yang sederhana, terstruktur, dan mudah diakses oleh pengguna.

Kata kunci : Bahasa Isyarat, *e-learning*, *Google Apps Script*, tunarungu wicara, *Usability*

1. PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan kebutuhan dasar dalam proses belajar dan interaksi sosial. Namun, bagi penyandang tuna rungu wicara, keterbatasan dalam mendengar dan berbicara menyebabkan penyampaian informasi tidak dapat dilakukan secara optimal melalui cara konvensional. Kondisi ini berdampak pada pembelajaran bahasa isyarat, yang seharusnya disampaikan melalui media visual yang jelas, terstruktur, dan mudah diakses. Dalam praktiknya, media pembelajaran bahasa isyarat yang sederhana dan dapat digunakan secara mandiri masih terbatas, sementara pembelajaran daring bagi siswa tunarungu juga masih menghadapi hambatan pada aspek perangkat, dukungan belajar, dan kesesuaian media dengan kebutuhan komunikasi visual mereka [1].

Di sisi lain, penggunaan multimedia dalam pembelajaran dapat meningkatkan aksesibilitas materi melalui tampilan visual yang lebih mendukung [2]. Selain itu, kualitas desain antarmuka, interaksi, dan umpan balik juga berpengaruh terhadap kepuasan serta kecenderungan pengguna untuk terus menggunakan sistem *e-learning* [3].

Pembelajaran bahasa isyarat di Indonesia masih menghadapi beberapa kendala, seperti keterbatasan sumber belajar yang mudah diakses, belum meratanya media pembelajaran digital, serta kebutuhan akan sistem yang dapat digunakan secara mandiri. Permasalahan tersebut juga terlihat pada hasil observasi awal dan uji coba lapangan di SLB Negeri Sukoharjo. Proses pembelajaran sangat dipengaruhi oleh kejelasan penyampaian informasi secara visual dan dukungan komunikasi yang sesuai. Pada saat pengenalan dan pengujian aplikasi, tidak seluruh responden dapat memahami instruksi secara langsung sehingga dalam beberapa kondisi diperlukan bantuan

guru untuk menerjemahkan atau menjelaskan kembali instruksi yang diberikan. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) menjadi salah satu acuan komunikasi visual formal yang dapat mendukung penyajian materi secara lebih terstruktur. [4] menunjukkan bahwa siswa tunarungu memerlukan platform pembelajaran jarak jauh yang mendukung penyajian materi melalui video bahasa isyarat, sedangkan [5] menjelaskan bahwa media visual multimedia dapat membantu siswa tunarungu memahami materi secara bertahap.

Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa pengembangan *e-learning* bagi pengguna tunarungu perlu memperhatikan aksesibilitas, gaya belajar, dan bentuk penyajian materi. [6] menegaskan bahwa strategi *e-learning* khusus diperlukan agar proses belajar bagi penyandang tunarungu dapat berjalan lebih efektif. [7] juga menunjukkan bahwa model *e-learning* untuk *hearing-impaired* perlu mempertimbangkan karakteristik belajar pengguna. Di sisi lain, [8] menjelaskan bahwa rancangan lingkungan *e-learning* yang sesuai dapat meningkatkan pengalaman belajar, sedangkan [9] menunjukkan bahwa materi multimedia untuk pengguna *deaf and hard of hearing* harus dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan visual dan aksesibilitas pengguna. Hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran bahasa isyarat tidak cukup hanya menarik secara visual, tetapi juga harus sederhana, terstruktur, dan mudah digunakan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi pembelajaran bahasa isyarat berbasis web yang memanfaatkan materi video, latihan per kategori, serta antarmuka yang disederhanakan agar lebih ramah bagi pengguna difabel. Sebagai rencana penyelesaian masalah, aplikasi dibangun menggunakan metode *Waterfall*

dengan *Google Apps Script* sebagai platform utama *web app* dan *Google Spreadsheet* sebagai media penyimpanan data. Materi pembelajaran disusun mengacu pada SIBI agar lebih terstruktur, sedangkan kualitas sistem dievaluasi melalui *Black Box Testing* dan *System Usability Scale* (SUS).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis visual dan *e-learning* dapat mendukung proses belajar bagi pengguna tunarungu. Penelitian yang dilakukan oleh Ahmed dan Hasegawa [4] menunjukkan bahwa platform pembelajaran jarak jauh yang mendukung video bahasa isyarat dapat meningkatkan aksesibilitas materi bagi siswa tunarungu. Temuan ini menunjukkan bahwa penyajian materi secara visual merupakan unsur penting dalam merancang media pembelajaran yang sesuai bagi pengguna tuna rungu wicara. Penelitian Hussein dan Al-Bayati [5] juga menjelaskan bahwa multimedia visual membantu pengguna mempelajari materi secara bertahap dan dapat diulang sesuai kebutuhan. Hal tersebut memperlihatkan bahwa media digital tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi, tetapi juga sebagai alat bantu belajar mandiri.

Penelitian lain menekankan bahwa pengembangan media pembelajaran bagi pengguna tunarungu tidak hanya bergantung pada materi, tetapi juga pada kesesuaian desain sistem dengan karakteristik pengguna. Muallifah dan Auliasari [6] menegaskan bahwa strategi *e-learning* khusus diperlukan agar pembelajaran bagi penyandang tunarungu dapat berlangsung lebih efektif. Artinya, sistem yang dikembangkan perlu memperhatikan cara pengguna menerima informasi, memahami alur, dan berinteraksi dengan antarmuka. pengembangan aplikasi pembelajaran bahasa isyarat yang tidak hanya menampilkan materi secara visual, tetapi juga menekankan kesederhanaan antarmuka, latihan yang terstruktur, dan kemudahan penggunaan secara mandiri.

2.2. Pembelajaran Bahasa Isyarat dan SIBI

Bahasa isyarat merupakan sarana komunikasi visual yang sangat penting bagi penyandang tuna rungu wicara, karena berfungsi untuk membantu penyampaian informasi, pemahaman materi, dan interaksi dalam kegiatan belajar. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) menjadi salah satu bentuk acuan komunikasi visual formal yang digunakan dalam lingkungan pembelajaran. Keberadaan SIBI menunjukkan bahwa pembelajaran bahasa isyarat memerlukan media yang tidak hanya menampilkan informasi secara visual, tetapi juga disusun secara terstruktur agar lebih mudah dipahami oleh pengguna.

2.3. Multimedia dan E-Learning untuk Pengguna Tunarungu

Pembelajaran bagi pengguna tunarungu memerlukan media yang menekankan penyajian informasi secara visual. Multimedia menjadi salah satu pendekatan yang sesuai karena dapat menggabungkan unsur teks, gambar, video, dan interaksi dalam satu media pembelajaran. *E-learning* juga memberikan keuntungan berupa kemudahan akses, fleksibilitas belajar, dan peluang bagi pengguna untuk mempelajari materi secara mandiri sesuai kebutuhan. Selain itu, media berbasis web memungkinkan materi pembelajaran disusun secara lebih terstruktur dan dapat diakses kembali oleh pengguna kapan pun diperlukan.

2.4. Google Apps Script sebagai Platform Web Apps

Google Apps Script merupakan platform berbasis cloud yang dapat digunakan untuk membangun aplikasi web secara terintegrasi dengan layanan Google, termasuk *Google Spreadsheet* sebagai media penyimpanan data. Dalam pengembangan sistem berbasis web, pendekatan ini memberikan kemudahan karena logika aplikasi, pengelolaan data, dan *deployment* dapat dilakukan dalam satu lingkungan kerja. Pada penelitian ini, *Google Apps Script* dipilih untuk mendukung proses autentikasi, pengambilan data materi, penyimpanan hasil latihan, serta pembaruan progres belajar pengguna. Penggunaan platform digital semacam ini juga dinilai relevan untuk mendukung pembelajaran yang lebih mudah diakses oleh siswa tunarungu [10].

2.5. Pengujian Sistem

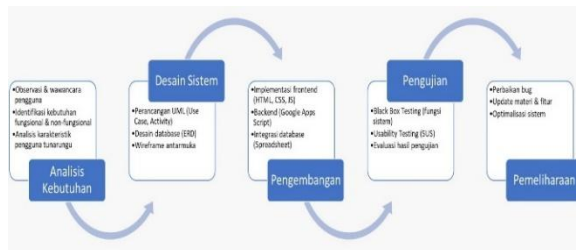
Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna, baik dari sisi fungsi maupun kemudahan penggunaan. Pengujian fungsional dalam penelitian ini menggunakan *Black Box Testing*, yaitu metode pengujian yang menitikberatkan pada kesesuaian masukan dan keluaran tanpa meninjau struktur kode program secara langsung. Pendekatan ini sesuai digunakan untuk memeriksa fungsi utama sistem, seperti login, akses materi, latihan, dan pengelolaan data admin. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan *System Usability Scale* (SUS) untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan aplikasi dari sudut pandang pengguna. SUS merupakan instrumen yang banyak digunakan untuk mengukur *usability* suatu sistem secara cepat dan praktis, serta dapat digunakan sebagai acuan dalam menilai tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi yang dikembangkan [11].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan sistem yang berfokus pada perancangan dan pembangunan aplikasi pembelajaran bahasa isyarat berbasis web bagi pengguna tuna rungu

wicara. Metode pengembangan yang digunakan adalah *Waterfall* karena memiliki tahapan yang berurutan dan sistematis, sehingga sesuai diterapkan pada pengembangan aplikasi dengan kebutuhan yang telah dirumuskan sejak awal. Pemilihan metode ini juga sejalan dengan penelitian [12] yang menunjukkan bahwa penerapan model *Waterfall* dapat mendukung proses pengembangan sistem secara terstruktur dan terkontrol. Pada penelitian ini, tahapan *Waterfall* meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, pengembangan, pengujian, dan pemeliharaan.



Gambar 1. Metode Waterfall

3.2. Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem yang harus dipenuhi oleh aplikasi pembelajaran bahasa isyarat yang dikembangkan. Pada tahap ini, kebutuhan sistem dirumuskan berdasarkan karakteristik pengguna tuna rungu wicara, tujuan pembelajaran, serta hasil observasi awal pada lokasi penelitian. Analisis kebutuhan mencakup aspek fungsional dan nonfungsional, seperti kebutuhan autentikasi pengguna, penyajian materi berbasis video, latihan per kategori, pengelolaan data oleh admin, serta kebutuhan antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami. Selain itu, sistem juga perlu mendukung kejelasan navigasi, penyimpanan progres belajar, dan aksesibilitas visual agar dapat digunakan secara lebih efektif oleh pengguna.

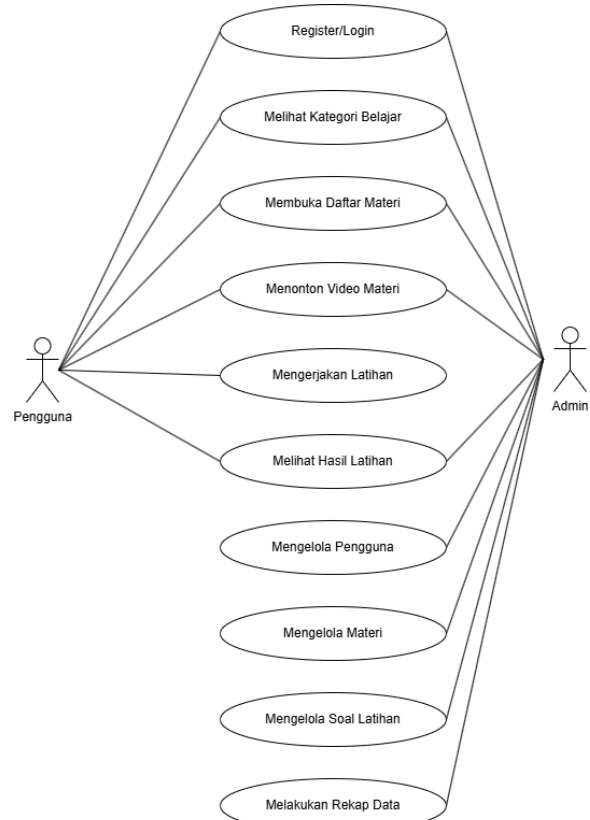
Tabel 1. Spesifikasi kebutuhan sistem

Aspek	Spesifikasi
Autentikasi	User dan admin dapat login dan user baru dapat register
Materi	Sistem menampilkan materi dalam bentuk video
Evaluasi	User dapat mengerjakan Latihan dan melihat hasil
Administrasi	Admin mengelola data pengguna, materi dan latihan

3.3. Desain Sistem

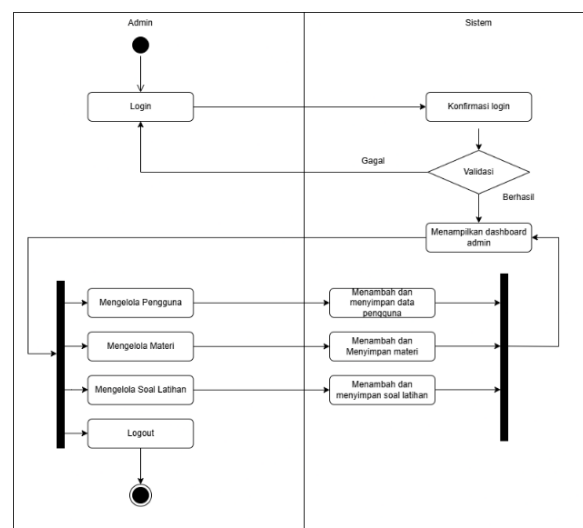
Tahap desain sistem dilakukan setelah kebutuhan sistem berhasil diidentifikasi. Pada penelitian ini, perancangan dilakukan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) untuk memvisualisasikan fungsi utama sistem dan hubungan antar komponen.

a. *Use Case Diagram* digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem. Pada penelitian ini terdapat dua aktor utama, yaitu user dan admin.

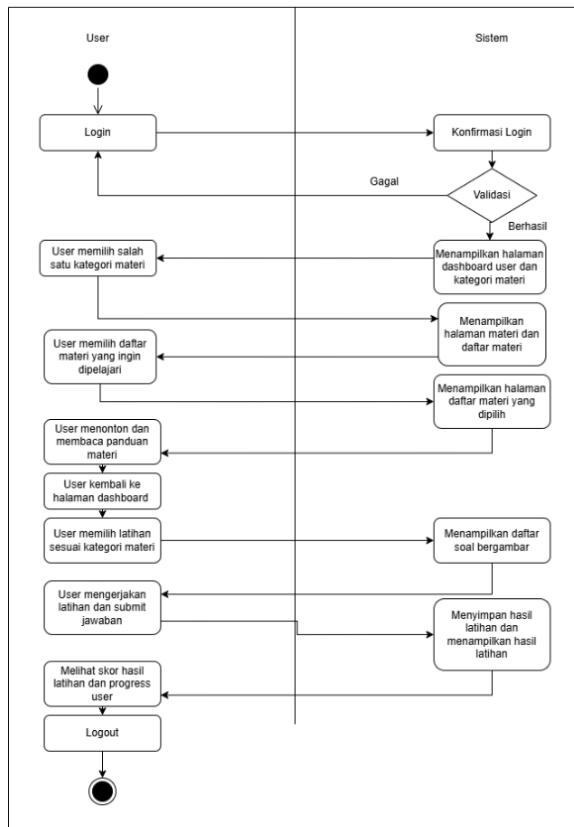


Gambar 2. Use Case Diagram

b. *Activity diagram* digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas yang terjadi pada sistem berdasarkan interaksi antara aktor dengan sistem. Pada penelitian ini, *activity diagram* terdiri atas *activity diagram user* dan *activity diagram admin*.

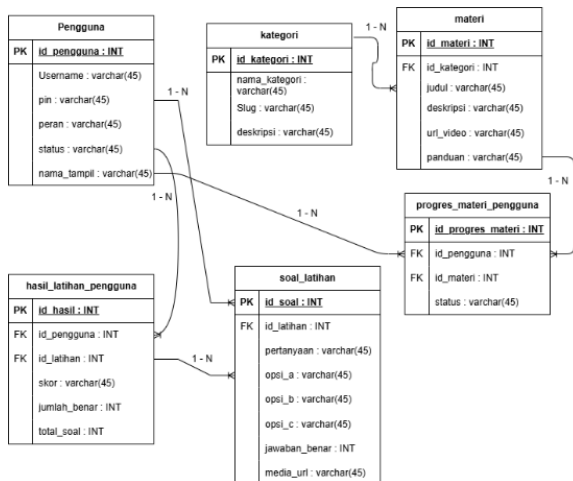


Gambar 3. Activity Diagram Admin



Gambar 4. Activity Diagram User

- c. *Entity Relationship Diagram (ERD)* digunakan untuk menggambarkan struktur basis data dan hubungan antarentitas pada sistem.



Gambar 5. Entity Relationship Diagram

3.4. Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan proses menerjemahkan hasil analisis kebutuhan dan desain sistem ke dalam bentuk aplikasi yang dapat dijalankan. [13] menyatakan bahwa pembelajaran berbasis teknologi yang visual, kreatif, dan inovatif dapat membantu proses penyampaian materi kepada pengguna tunarungu. Aplikasi dikembangkan menggunakan *Google Apps Script* sebagai platform

utama *web app* dan *Google Spreadsheet* sebagai media penyimpanan data. Pada sisi antarmuka, sistem dibangun menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript agar tampilan aplikasi dapat dibuat lebih interaktif, sederhana, dan mudah digunakan. Secara logika, *Google Apps Script* digunakan untuk memproses autentikasi, membaca dan menyimpan data, menampilkan materi, memproses jawaban latihan, serta memperbarui progres belajar pengguna.

3.5. Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang telah dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian fungsional menggunakan *Black Box Testing*, yaitu pengujian yang berfokus pada masukan dan keluaran sistem tanpa meninjau struktur kode program secara langsung. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pengujian *usability* dengan metode *System Usability Scale (SUS)* untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan aplikasi dari sudut pandang pengguna. SUS digunakan setelah responden mencoba aplikasi secara langsung, kemudian memberikan penilaian berdasarkan pengalaman mereka saat menggunakan sistem. Pengujian *usability* dilakukan di SLB Negeri Sukoharjo dengan melibatkan responden tunarungu wicara.

3.6. Pemeliharaan

Tahap pemeliharaan dilakukan setelah sistem dikembangkan, diuji, dan digunakan. Pada tahap ini, pemeliharaan sistem mencakup perbaikan kesalahan yang masih ditemukan selama penggunaan, pembaruan data dan konten pembelajaran, serta penyesuaian fitur apabila diperlukan.

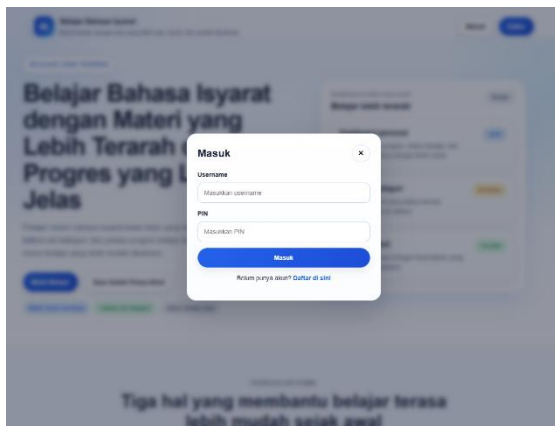
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi Sistem

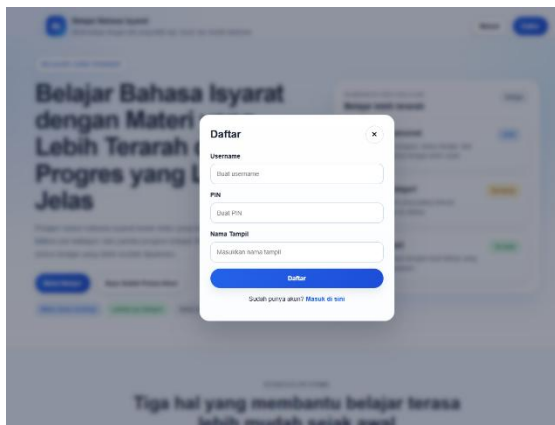
Penelitian ini menghasilkan aplikasi pembelajaran bahasa isyarat berbasis web yang dirancang untuk membantu pengguna mempelajari materi secara lebih mandiri, fleksibel, dan mudah diakses. Sistem dibangun menggunakan *Google Apps Script* sebagai platform *web app* dan *Google Spreadsheet* sebagai media penyimpanan data. Fitur utama yang tersedia meliputi login, materi berbasis video, latihan per kategori, hasil latihan, progres belajar, serta pengelolaan data oleh admin.

4.2. Halaman Login dan Register

Halaman login digunakan sebagai akses awal user dan admin untuk masuk ke dalam sistem sesuai hak akses masing-masing. Sementara itu, halaman register digunakan untuk pembuatan akun baru oleh user. Kedua halaman dirancang dengan tampilan sederhana agar mudah dipahami dan digunakan.



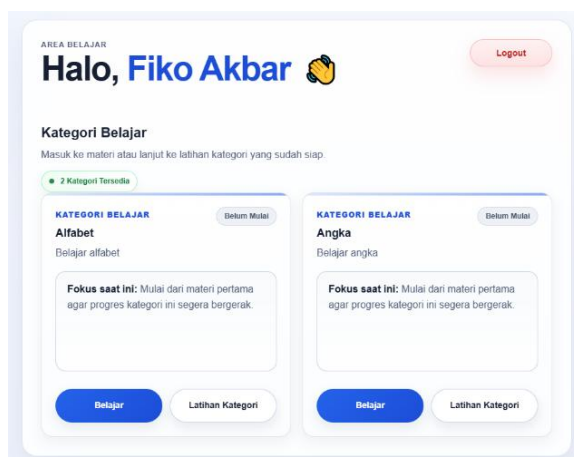
Gambar 6. Halaman Login



Gambar 7. Halaman Register

4.3. Halaman *Dashboard User*

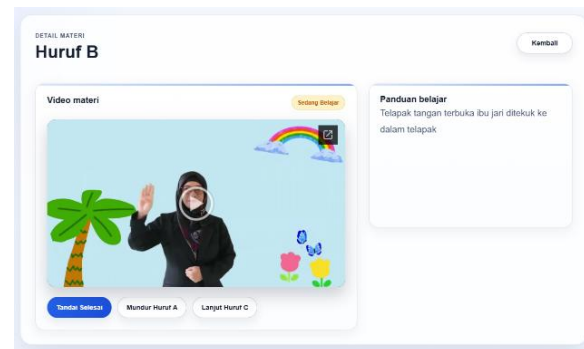
Setelah berhasil login, user diarahkan ke halaman dashboard sebagai pusat navigasi utama. Pada halaman ini ditampilkan kategori materi, menu belajar, latihan, dan informasi progres secara ringkas. Tampilan dashboard dibuat sederhana agar pengguna dapat langsung memahami alur penggunaan aplikasi.

Gambar 8. Halaman *Dashboard User*

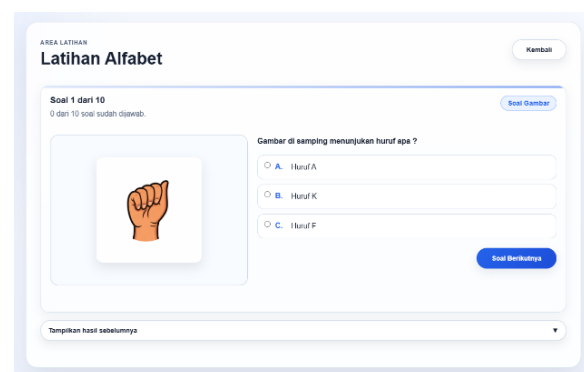
4.4. Halaman Materi dan Latihan

Halaman materi digunakan untuk menampilkan pembelajaran bahasa isyarat berbasis video sesuai kategori yang dipilih pengguna. Setelah mempelajari

materi, user dapat melanjutkan ke halaman latihan sebagai sarana evaluasi diri. Soal latihan disajikan secara sederhana agar mudah dipahami dan tidak membingungkan pengguna.



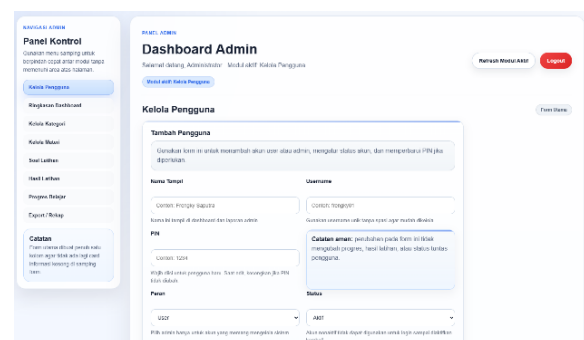
Gambar 9. Halaman Materi



Gambar 10. Halaman Latihan Soal

4.5. Halaman *Dashboard Admin*

Halaman admin digunakan untuk mengelola data pengguna, kategori, materi, dan soal latihan.

Gambar 11. Halaman *Dashboard Admin*

4.6. *Black Box Testing*

Pengujian sistem dilakukan menggunakan *Black Box Testing* untuk memastikan fungsi utama aplikasi berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian mencakup proses login, pemilihan kategori, akses materi, latihan, pengelolaan materi, pengelolaan soal, dan rekap hasil pengguna.

Tabel 2. *Black Box Testing*

Fitur	Skenario	Hasil yang diharapkan	Status
Login	Username dan pin valid	Sistem mengarahkan user ke dashboard sesuai peran	Valid
Kategori materi	Memilih salah satu kategori	Sistem menampilkan daftar materi sesuai kategori	Valid
Akses materi	Membuka materi pada kategori terpilih	Sistem menampilkan materi dan video	Valid
Latihan	Memilih jawaban opsi: A/B/C	Sistem memproses dan menyimpan jawaban	Valid
Manajemen materi	Menambah atau mengubah materi	Sistem menyimpan data materi	Valid
Manajemen soal	Menambah atau mengubah soal latihan	Sistem menyimpan data soal latihan	Valid

4.7. System Usability Scale (SUS)

Pengujian *usability* dilakukan menggunakan *System Usability Scale* (SUS) untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan aplikasi dari sudut pandang

pengguna. Pengujian dilakukan di SLB Negeri Sukoharjo dengan melibatkan 27 responden. Hasil perhitungan skor SUS disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian SUS

No	Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Jumlah	Skor SUS
1	Responden 1	4	3	3	2	4	2	3	2	4	2	27	67,5
2	Responden 2	4	2	5	4	4	1	4	2	3	2	29	72,5
3	Responden 3	5	1	4	3	5	3	4	1	5	3	32	80
4	Responden 4	4	2	4	3	4	2	5	2	3	3	28	70
5	Responden 5	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	23	57,5
6	Responden 6	4	2	4	4	4	2	4	3	4	3	26	65
7	Responden 7	3	3	4	4	4	2	3	3	3	2	23	57,5
8	Responden 8	5	1	5	2	5	3	4	1	4	2	34	85
9	Responden 9	3	2	4	4	5	2	4	2	4	2	28	70
10	Responden 10	4	1	5	4	4	3	3	4	3	4	23	57,5
11	Responden 11	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	20	50
12	Responden 12	4	2	5	4	4	2	4	2	4	2	29	72,5
13	Responden 13	5	2	5	3	4	1	4	1	5	2	34	85
14	Responden 14	4	1	5	4	5	3	4	2	5	3	30	75
15	Responden 15	3	2	4	4	5	2	4	2	4	3	27	67,5
16	Responden 16	5	4	4	3	4	3	4	4	3	5	21	52,5
17	Responden 17	4	2	5	4	5	3	4	2	5	5	27	67,5
18	Responden 18	4	2	5	4	5	3	4	2	5	5	27	67,5
19	Responden 19	4	2	3	3	4	2	4	2	4	3	27	67,5
20	Responden 20	5	1	3	5	4	2	4	2	4	4	26	65
21	Responden 21	4	3	5	3	5	2	5	2	5	2	32	80
22	Responden 22	5	2	5	2	4	2	4	2	4	2	32	80
23	Responden 23	4	2	5	3	5	2	5	2	4	2	32	80
24	Responden 24	4	3	4	3	5	4	4	2	5	2	28	70
25	Responden 25	5	2	4	3	4	3	4	2	1	2	26	65
26	Responden 26	5	2	4	3	4	3	4	2	1	2	26	65
27	Responden 27	5	2	3	4	5	3	4	3	4	5	24	60
Rata Rata													68,61

Berdasarkan Tabel 3, Hasil pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) menunjukkan bahwa aplikasi memperoleh nilai rata-rata sebesar 68,61 dari 27 responden, yang berada sedikit di atas ambang batas rata-rata SUS global (68). Berdasarkan interpretasi standar SUS, nilai tersebut termasuk dalam kategori *acceptable (marginal high)*, yang menunjukkan bahwa sistem secara umum dapat diterima oleh pengguna, meskipun masih terdapat ruang untuk perbaikan pada aspek tertentu.

Distribusi skor menunjukkan variasi persepsi pengguna terhadap sistem, dengan nilai tertinggi mencapai 85 (*excellent*) dan terendah sebesar 50 (*poor*). Hal ini mengindikasikan bahwa pengalaman

pengguna belum sepenuhnya konsisten di seluruh responden. Beberapa pengguna mampu beradaptasi dengan baik terhadap sistem, terutama pada aspek penyajian visual dan struktur navigasi, sementara sebagian lainnya masih mengalami kesulitan dalam memahami alur interaksi atau instruksi yang diberikan. Variasi ini juga dipengaruhi oleh faktor komunikasi selama proses pengujian, di mana sebagian responden masih memerlukan bantuan dalam memahami instruksi penggunaan aplikasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, aplikasi pembelajaran bahasa isyarat

berbasis web berhasil dikembangkan sesuai dengan kebutuhan sistem yang telah dirumuskan. Aplikasi ini dibangun menggunakan *Google Apps Script Web App* dengan *Google Spreadsheet* sebagai media penyimpanan data, serta memiliki dua aktor utama, yaitu user dan admin. Hasil pengujian *Black Box Testing* menunjukkan bahwa fitur-fitur utama pada sistem telah berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang. Selain itu, berdasarkan pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS) yang dilakukan di SLB Negeri Sukoharjo terhadap 27 responden, diperoleh nilai rata-rata sebesar 68,61. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan telah mampu mendukung proses pembelajaran bahasa isyarat secara cukup baik, baik dari sisi fungsionalitas maupun kemudahan penggunaan. Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki ruang untuk penyempurnaan. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambah variasi materi pembelajaran, memperkaya jenis latihan, serta meningkatkan kualitas antarmuka terutama pada aspek kejelasan navigasi, konsistensi tampilan, dan kemudahan memahami alur penggunaan pada saat pertama kali mengakses sistem. Selain itu, pengujian berikutnya dapat dilakukan dengan jumlah responden yang lebih banyak dan didukung proses komunikasi yang lebih optimal selama pelaksanaan pengujian, sehingga hasil evaluasi *usability* dapat menggambarkan pengalaman pengguna secara lebih akurat. Dengan adanya pengembangan tersebut, diharapkan aplikasi pembelajaran bahasa isyarat ini dapat menjadi media belajar yang semakin efektif, inklusif, dan mudah digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Aini, "Problematika Pembelajaran Online Bagi Anak Berkebutuhan Khusus Tunarungu di SLB Negeri Keleyan Pada Masa Pandemi Covid-19," *J. Bahasa, Sastra, Budaya, dan Pengajarannya*, vol. 3, no. 1, pp. 207–212, 2024.
- [2] U. Supriadi and A. Fakhruddin, "Penggunaan Multimedia dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam bagi Anak Tunarungu di Sekolah Luar Biasa," *Murhum J. Pendidik. Anak Usia Dini*, vol. 5, no. 1, pp. 521–535, 2024, doi: 10.37985/murhum.v5i1.591.
- [3] T. Rupere and M. Jakovljevic, "Usability and user evaluation of an integrated multimedia e-learning management system," *Knowl. Manag. E-Learning*, vol. 13, no. 3, pp. 334–366, 2021.
- [4] M. E. Ahmed and S. Hasegawa, "Development of New Distance Learning Platform to Create and Deliver Learning Content for Deaf Students," *Educ. Sci.*, vol. 12, no. 11, p. 826, 2022.
- [5] K. Q. Hussein and M. A. Al-bayati, "Multi-Mode e-Learning System of Reading Skills for Deaf Students Based on Visual Multimedia," *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 16, no. 10, pp. 67–78, 2022.
- [6] Muallifah, M. M. Auliasari, and S. Nailuvar, "Strategi Pendidikan Inklusif: Konteks E-Learning pada Mahasiswa Difabel Tuna Rungu dan Tuna Netra," *J. Tarbawi Stai Al Fithrah*, vol. 10, no. 1, pp. 65–76, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.alfithrah.ac.id/index.php/tarbawi/article/view/162>
- [7] T. Luangrungruang and U. Kokaew, "E-Learning Model to Identify the Learning Styles of Hearing-Impaired Students," *Sustainability*, vol. 14, no. 20, p. 13280, 2022.
- [8] N. Niksiar and A. F. Meghdari, "The Effectiveness of an Authentic E-Learning Environment for Deaf Learners," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 3, p. 1568, 2025.
- [9] A. U. Gehret and L. B. Elliot, "Perceptions of e-learning by deaf and hard of hearing students using asynchronous multimedia tutorials," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 73, no. 3, pp. 1921–1949, 2025, doi: 10.1007/s11423-025-10476-z.
- [10] M. Susmitasari, S. Billa, A. Taqwim, X. Antika, and W. Widajati, "Pengembangan Media E-Learning Berbasis Google Sites pada Mata Pelajaran IPAS Materi Tumbuhan untuk Tunarungu," *J. Pendidik. dan Pembelajaran Indones.*, vol. 5, no. 3, pp. 1314–1328, 2025.
- [11] M. Hyzy, R. Bond, M. Mulvenna, and L. Bai, "System Usability Scale Benchmarking for Digital Health Apps: Meta-analysis," *JMIR MHEALTH UHEALTH*, vol. 10, no. 8, pp. 1–11, 2022, doi: 10.2196/37290.
- [12] S. Sallu, Y. Harsono, and O. Fajarianto, "Implementation of Waterfall Method in Model Development to Improve Learning Quality of Computer Network Courses," *JTP - J. Teknol. Pendidik.*, vol. 25, no. 3, pp. 496–513, 2023, doi: 10.21009/jtp.v25i3.44418.
- [13] M. Syani and A. Hartanto, "APLIKASI MULTIMEDIA PEMBELAJARAN BAHASA INDONESIA BERBASIS MOBILE (STUDI KASUS SLBN-A CITEUREUP CIMAHI)," *J. Teknol. dan Inf. Bisnis*, vol. 3, no. 1, pp. 190–200, 2021.