

PERENCANAAN LEARNING MANAGEMENT SYSTEM BERBASIS OFFLINE

Afif Najib*

Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Indonesia

**Penulis Korespondensi: afifnajib1234@gmail.com*

ABSTRAK

Dalam era digital saat ini, penggunaan Learning Management System (LMS) telah menjadi komponen penting dalam dunia pendidikan. Namun, daerah terpencil, khususnya desa-desa dengan akses internet yang tidak memadai, menghadapi tantangan besar dalam memanfaatkan LMS. Koneksi internet yang buruk dan tidak stabil sering kali menghambat pemanfaatan LMS secara efektif. Selain itu, solusi berbasis perangkat keras seperti Raspberry Pi memerlukan biaya tinggi dan pengaturan yang kompleks, sehingga sulit diadopsi oleh komunitas dengan sumber daya terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan LMS offline berbasis teknologi hotspot, memungkinkan pelajar untuk mengakses materi pembelajaran dan mengumpulkan tugas tanpa bergantung pada koneksi internet yang stabil. Sistem ini dirancang untuk mendukung proses pembelajaran di daerah terpencil dengan keterbatasan infrastruktur teknologi. Pengujian sistem dilakukan secara fungsional dan non-fungsional. Pengujian fungsional melibatkan 10 perangkat dengan berbagai jenis browser bawaan, dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik tanpa kendala, kecuali pada device model lama. Sementara itu, pengujian non-fungsional menggunakan metode System Usability Scale (SUS) dengan 20 responden menghasilkan skor 82,125, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kegunaan yang sangat baik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa LMS berbasis hotspot dapat menjadi solusi efektif dan ekonomis bagi institusi pendidikan yang menghadapi tantangan keterbatasan akses internet dan sumber daya. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat mendukung pemerataan akses pendidikan, terutama di wilayah yang terpencil.

Kata kunci: Learning Management System, Offline, Teknologi Pendidikan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi memberikan dampak besar pada berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan (Chyan, 2021). Namun, kebijakan pendidikan sering kali kurang memperhatikan realitas lokal, sehingga pendidikan di daerah terpencil masih menghadapi tantangan besar, seperti keterbatasan infrastruktur dasar dan konektivitas internet yang tidak memadai (Gibson et al., 2022). Meski program pemerintah telah menyediakan akses internet seluler di beberapa wilayah, kondisi ini belum cukup mendukung kebutuhan pendidikan secara optimal (Horn & Rennie, 2018).

Dalam situasi ini, sistem manajemen pembelajaran (Learning Management System atau LMS) dapat menjadi solusi potensial untuk mendukung pendidikan di daerah dengan keterbatasan infrastruktur. LMS memungkinkan pengelolaan pembelajaran yang terstruktur, termasuk fitur interaktif seperti tugas dan komunikasi (Istiyani et al., 2020). Namun, sebagian besar LMS berbasis daring, sehingga kurang sesuai untuk daerah dengan akses internet terbatas. Oleh karena itu, solusi LMS berbasis offline menjadi penting untuk menjembatani kesenjangan tersebut (Hillier, 2018).

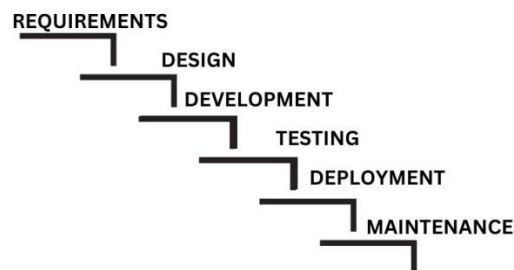
Penelitian sebelumnya lebih banyak menitikberatkan pada solusi berbasis perangkat keras tertentu, seperti Raspberry Pi, yang memerlukan biaya tinggi dan keterampilan teknis tambahan (Yamanoor & Yamanoor, 2017). Pendekatan ini menjadi tantangan bagi komunitas dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi LMS berbasis teknologi yang lebih ekonomis dan praktis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem LMS berbasis hotspot sebagai alternatif untuk daerah dengan keterbatasan konektivitas internet. Teknologi ini memanfaatkan perangkat yang tersedia untuk menciptakan jaringan lokal, memungkinkan pengguna berbagi dan mengakses konten pembelajaran tanpa ketergantungan pada koneksi daring (Mondragon-Estrada et al., 2023). Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan akses pendidikan di daerah terpencil, sekaligus menjadi panduan bagi institusi pendidikan untuk mengimplementasikan solusi berbasis teknologi sederhana.

2. METODE

2.1. Metode pengembangan

Dalam pengembangan Learning Management System, umumnya menggunakan metode waterfall. Metode Waterfall adalah salah satu model pengembangan perangkat lunak yang paling tradisional dan banyak digunakan. Model ini menekankan pendekatan yang sistematis dan berurutan dalam pengembangan perangkat lunak, dimulai dari tahap analisis kebutuhan hingga pemeliharaan. Berikut gambar model waterfall menurut Pressman (2010) :



Gambar 1. Model Waterfall

1. Analisis Kebutuhan

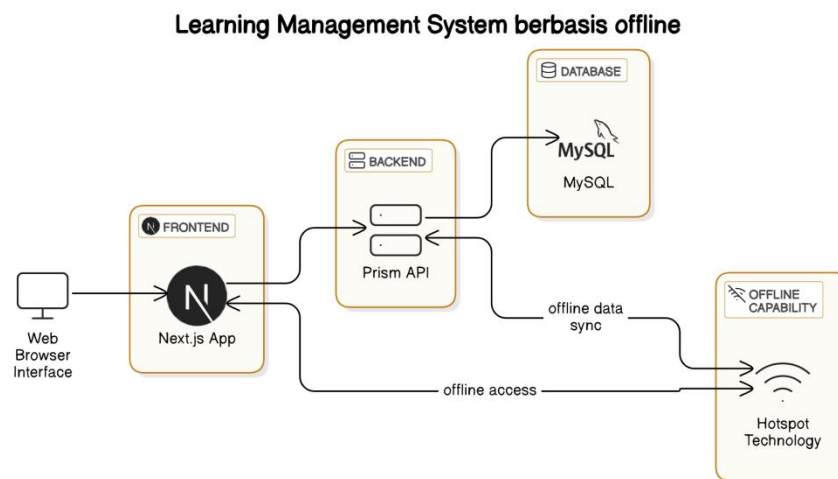
Pada tahap ini, kebutuhan sistem diidentifikasi dan didokumentasikan secara rinci. Misalnya, dalam pengembangan sistem informasi pengolahan data nilai siswa pada LMS, analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kendala yang dihadapi oleh guru dalam mengumpulkan nilai siswa secara manual (Bariah & Putera, 2020).

2. Setelah kebutuhan diidentifikasi, tahap berikutnya adalah desain sistem. Desain ini mencakup perancangan arsitektur sistem, antarmuka pengguna, dan database.
3. Tahap ini melibatkan pengembangan kode program berdasarkan desain yang telah dibuat. Pengkodean dilakukan secara bertahap dan sistematis untuk memastikan bahwa semua fitur yang diinginkan dapat diimplementasikan dengan benar.
4. Setelah pengkodean selesai, sistem diuji untuk memastikan bahwa semua fungsi bekerja sesuai dengan spesifikasi. Pengujian dilakukan menggunakan metode black box untuk memvalidasi semua input dan fitur aplikasi (Bariah & Putera, 2020).

5. Tahap terakhir adalah pemeliharaan, di mana sistem yang telah dikembangkan dipantau dan diperbaiki jika ditemukan masalah. Pemeliharaan juga mencakup pembaruan sistem untuk menyesuaikan dengan kebutuhan baru atau perubahan lingkungan.

2.2. Arsitektur Sistem

Pada bagian ini, mengenai desain arsitektur sistem yang digunakan dalam pengembangan Learning Management System (LMS) berbasis offline. Arsitektur sistem ini dirancang untuk mendukung proses pembelajaran di sekolah dasar tanpa koneksi internet, menggunakan perangkat hotspot sebagai perantara. Gambar desain yang disertakan menggambarkan struktur dan komponen utama dalam sistem, yang mencakup server lokal, antarmuka pengguna, dan proses komunikasi antara perangkat yang terlibat. Berikut gambaran diagram arsitektur untuk LMS.



Gambar 2. Diagram Arsitektur Sistem

Tahapan Penjelasan gambar sebagai berikut:

- Frontend: Dibangun menggunakan Next.js untuk mendukung rendering cepat dan pengalaman pengguna responsif.
- Backend: Dikembangkan dengan Prisma untuk mempermudah pengelolaan database dan logika aplikasi.
- Database: Menggunakan MySQL sebagai penyimpanan data terstruktur, di-host secara lokal di server.
- Hotspot Lokal: Menghubungkan perangkat pengguna ke server tanpa internet, memungkinkan akses aplikasi melalui browser.

2.3. Tahapan Perencanaan

2.3.1. Analisis Kebutuhan dan Sistem

Dalam perencanaan LMS berbasis offline menggunakan hotspot, analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan teknis dan fungsional yang harus dipenuhi oleh sistem. Berikut ini adalah hasil analisis kebutuhan tersebut:

1. Kebutuhan Fungsional

LMS yang dirancang harus mampu mendukung fungsi-fungsi utama pengelolaan pembelajaran, di antaranya:

- a. Pengelolaan Pengelolaan materi pembelajaran secara offline.
- b. Pemberian dan pengumpulan tugas melalui jaringan lokal.

c. Pelaporan hasil belajar siswa.

2. Kebutuhan Non-Fungsional

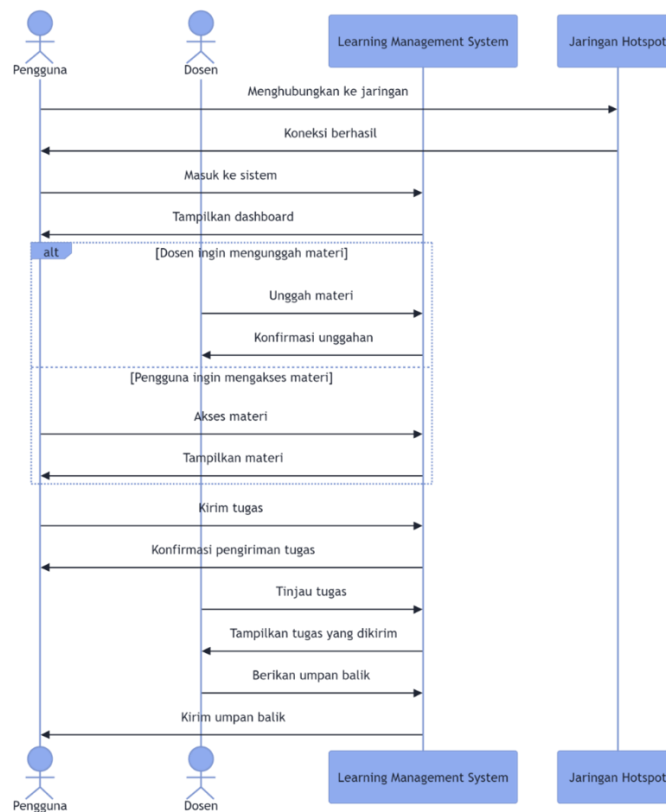
a. Kompatibilitas Kompatibilitas dengan berbagai perangkat.

b. Peforma tinggi dalam kondisi offline

c. Kemudahan penggunaan dan keamanan data

3. Alur LMS

Interaksi antara pengguna dan sistem dapat dilihat pada Gambar 3 yang menunjukkan Use Case Diagram sistem LMS Offline.

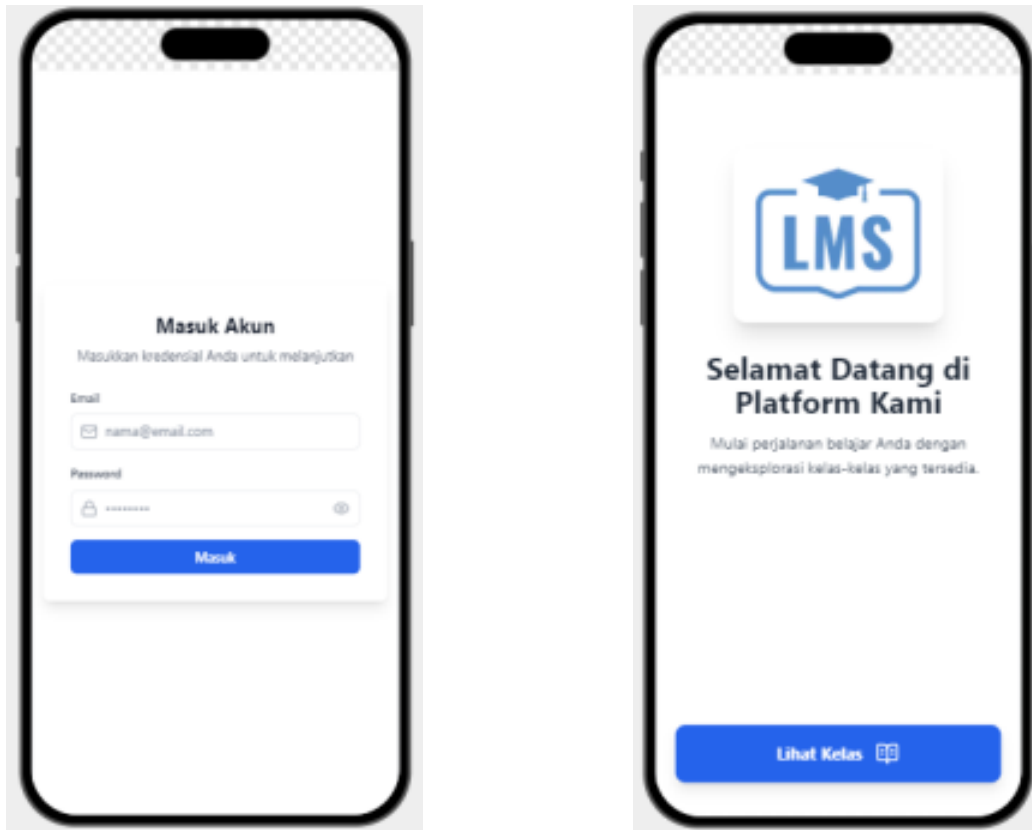


Gambar 3. Activity Diagram

2.3.2. Desain Sistem

Desain sistem LMS berbasis offline dirancang untuk memastikan aksesibilitas, kemudahan penggunaan, dan performa tinggi dalam kondisi tanpa internet. Berikut adalah rincian desain yang diterapkan:

1. **Responsivitas Sistem:** Antarmuka dirancang responsif dengan teknologi HTML5, CSS3, dan JavaScript.
2. **Akses Melalui Browser Bawaan atau Aplikasi Ringan:** LMS dapat diakses menggunakan browser bawaan perangkat tanpa memerlukan instalasi tambahan, memastikan kompatibilitas dengan berbagai sistem operasi, termasuk Windows, Android, dan iOS.
3. **Penggunaan Hotspot Lokal untuk Koneksi Offline:** Sistem ini mengandalkan hotspot lokal yang disediakan oleh perangkat server, seperti laptop berbasis Windows 11.
4. **Berikut mockup atau tampilan layar dari antarmuka LMS.**



Gambar 4. Antarmuka LMS

2.3.3. Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem LMS berbasis offline menggunakan beberapa teknologi modern untuk memastikan performa tinggi, fleksibilitas, dan kemudahan pengelolaan data. Berikut adalah rincian pengembangan:

1. Penggunaan Next.js untuk Halaman Dinamis dan Rendering Cepat

Next.js digunakan sebagai framework utama untuk membangun antarmuka pengguna. Framework ini mendukung rendering server-side (SSR) dan static site generation (SSG), sehingga halaman dapat dimuat lebih cepat dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal..

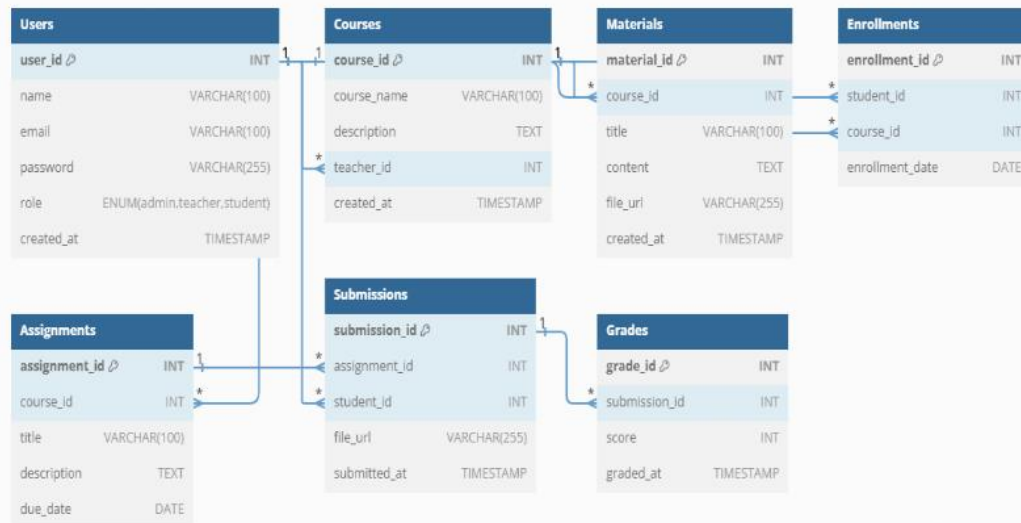
2. Penggunaan Prisma untuk Pengelolaan Data

Prisma digunakan sebagai ORM (Object-Relational Mapping) untuk mempermudah interaksi dengan database MySQL.

3. Pengelolaan MySQL sebagai Basis Data

MySQL digunakan sebagai basis data utama untuk menyimpan data sistem. Struktur data LMS offline dirancang dengan beberapa tabel utama, seperti tabel pengguna, materi, dan tugas. Diagram ERD di bawah ini menunjukkan hubungan antar tabel, di mana tabel pengguna

berfungsi sebagai pusat, dengan hubungan ke tabel materi dan tugas untuk pengelolaan pembelajaran.



Gambar 5. ERD LMS

4. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem LMS berbasis offline dapat berjalan dengan baik, memenuhi kebutuhan pengguna, dan kompatibel dengan berbagai perangkat. Proses pengujian meliputi:

4.1. Pengujian Fungsi LMS

Setiap fitur utama dalam LMS diuji secara menyeluruh untuk memastikan fungsionalitas berjalan sesuai spesifikasi.

- a. Login dan Autentikasi
- b. Pengelolaan materi pembelajaran
- c. Pengumpulan tugas
- d. Pelaporan hasil belajar

4.2. Uji Coba Koneksi Melalui Hotspot Lokal

Pengujian ini memastikan bahwa LMS dapat diakses tanpa koneksi internet, hanya dengan jaringan lokal.

a. Pengaturan Hotspot:

Hotspot lokal diaktifkan pada laptop server berbasis Windows 11. Perangkat lain (laptop, tablet, atau smartphone) dihubungkan ke jaringan ini.

b. Akses LMS:

LMS diakses melalui alamat IP atau domain lokal yang diberikan (misalnya `http://192.168.137.1:3000`).

c. Pengujian Multi-Pengguna:

Beberapa perangkat secara bersamaan dihubungkan untuk menguji stabilitas jaringan dan performa sistem dalam menangani banyak pengguna.

4.3. Uji Kompatibilitas pada Berbagai Perangkat

Sistem diuji untuk memastikan kompatibilitas pada perangkat dengan berbagai spesifikasi dan sistem operasi.

- Pengujian pada berbagai perangkat (laptop, tablet, dan smartphone).
- Akses melalui browser bawaan tanpa instalasi tambahan.

4.4. Implementasi

Aplikasi LMS berbasis Next.js di-deploy pada server lokal untuk memastikan dapat diakses tanpa koneksi internet melalui hotspot. Berikut adalah langkah-langkahnya:

4.4.1. Menyiapkan Lingkungan Server Lokal

- Instalasi Node.js
- Database MySQL
- Menginstal Dependencies yang diperlukan
- Build Aplikasi
- Menjalankan Aplikasi

4.4.2. Konfigurasi Hotspot Lokal

- Mengaktifkan Hotspot Bawaan Windows 11
- Menetapkan alamat IP server untuk koneksi lokal.
- Menghubungkan Perangkat Menghubungkan perangkat pengguna ke jaringan hotspot dan mengakses LMS melalui alamat IP lokal.

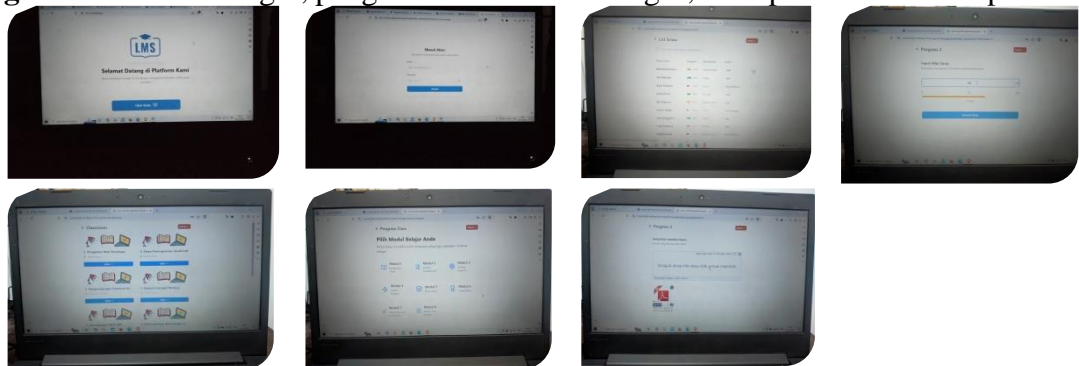
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tahap pengujian, dilakukan pengujian terhadap aspek fungsional dan non-fungsional. Menurut Hodrien dan Fernando (2021), pengujian fungsional dilakukan dengan metode black-box testing, yang berfokus pada evaluasi input dan output sistem tanpa memperhatikan struktur internal kode program. Sementara itu, untuk aspek non-fungsional, digunakan metode PSSUQ (Post-Study System Usability Questionnaire), yang melibatkan instrumen kuesioner untuk menilai usability sistem dari empat perspektif utama: keseluruhan, kegunaan sistem, kualitas informasi, dan kualitas antarmuka.

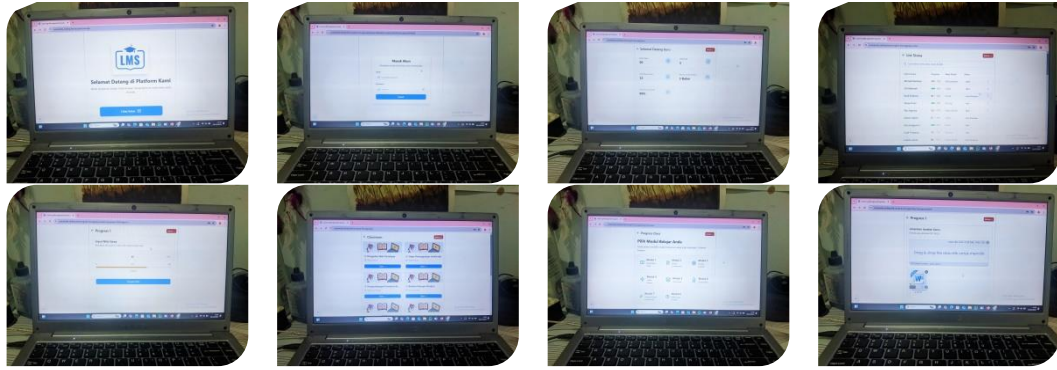
1. Hasil Pengujian Fungsional

Pada tahap ini, aplikasi diuji menggunakan 12 perangkat, termasuk smartphone dan laptop, untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Skenario pengujian melibatkan beberapa skenario:

- Sebagai Siswa:** Proses login, mengunduh/mengunggah materi, dan interaksi dengan tugas.
- Sebagai Guru:** Proses login, pengelolaan materi dan tugas, serta penilaian terhadap siswa.



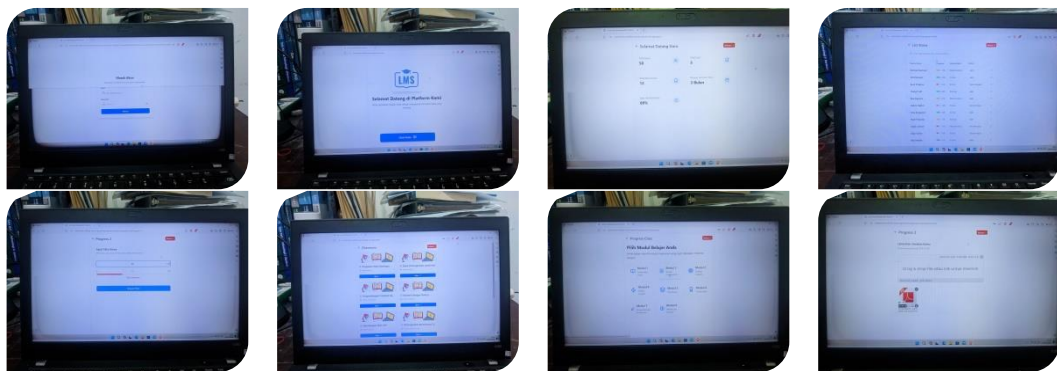
Gambar 6. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Lenovo H186



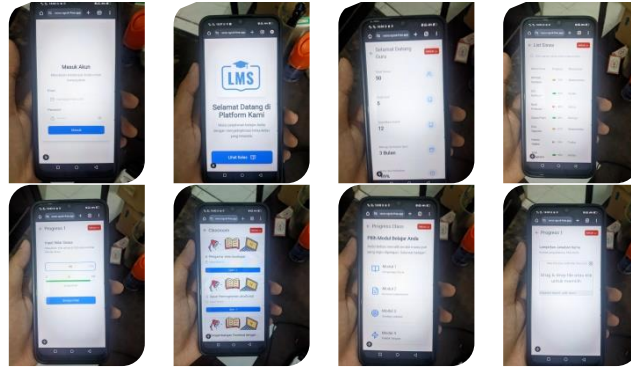
Gambar 7. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Axio



Gambar 8. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Acer Aspire E1-410



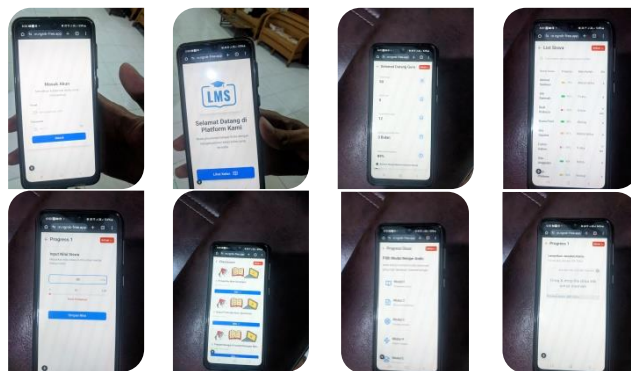
Gambar 9. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Thinkpad X280



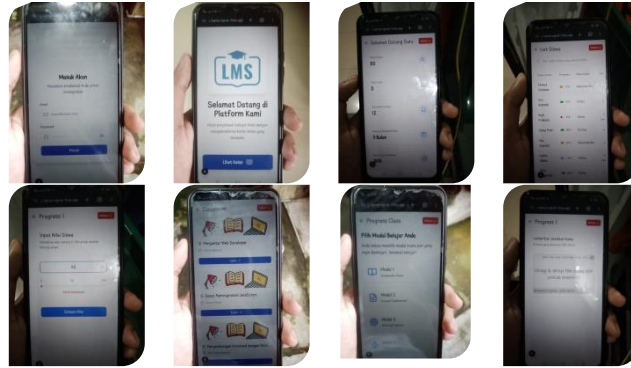
Gambar 10. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Vivo Y20s



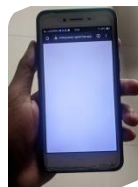
Gambar 11. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Infinix Hot 10 Play



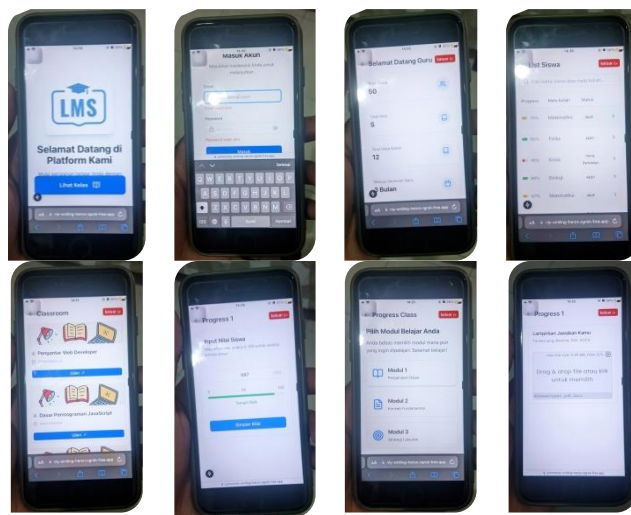
Gambar 12. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Samsung A33



Gambar 13. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Vivo Y20



Gambar 14. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Oppo A37f



Gambar 15. Hasil Pengujian Aplikasi pada Perangkat Iphone 7

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada 10 device laptop, android dan ios, berdasarkan table 1, hasil pengujian dapat dilihat pada table berikut ini:

Table 1. Data Hasil Pengujian LMS

No	Perangkat / Device	Browser	Keterangan
1	Lenovo Thinkpad X280	Chrome	Berjalan dengan baik
2	Acer Aspire E1-410	Brave Browser	Berjalan dengan baik
3	Lenovo 81H6	Brave Browser	Berjalan dengan baik
4	Axio	Chrome	Berjalan dengan baik
5	Samsung A33	Chrome	Berjalan dengan baik
6	Vivo Y20	Chrome	Berjalan dengan baik
7	Vivo Y21	Chrome	Berjalan dengan baik
8	Oppo A37f	Chrome	Tidak berjalan dengan baik
9	Infinix Hot Play 10	Chrome	Berjalan dengan baik
10	Iphone 7	Safari	Berjalan dengan baik

Aplikasi dapat berjalan dengan baik kecuali pada device model lama Oppo dengan spesifikasi android versi Lollipop dengan Ram 2gb, kemudian untuk laptop dengan device model lama Acer Aspire E1-410 dengan OS Antix Linux dengan Ram 2gb dan hdd 250gb dapat berjalan dengan baik.

2. Hasil Pengujian Non Fungsional

Pada pengujian non fungsional dilakukan menggunakan angket kuesioner dengan metode SUS (System Usability Scale). Angket tersebut diberikan kepada stakeholder yaitu mahasiswa sejumlah 20 Pelajar. Adapun Angket tersebut adalah sebagai berikut:

Table 2. Kuisisioner

NO	Pertanyaan	Jawaban				
		SS	S	R	TS	STS
1	Saya merasa bahwa sistem ini mudah digunakan.					
2	Saya merasa banyak fungsi pada sistem yang terintegrasi dengan baik.					
3	Saya merasa perlu bantuan teknis untuk menggunakan sistem ini.					
4	Saya merasa antarmuka sistem ini cukup sederhana dan ramah pengguna.					
5	Saya merasa bahwa penggunaan sistem ini sangat intuitif.					
6	Saya merasa sistem ini memiliki banyak fitur yang tidak diperlukan.					
7	Saya merasa percaya diri ketika menggunakan sistem ini.					
8	Saya merasa perlu mempelajari banyak hal sebelum saya dapat menggunakan sistem ini dengan baik.					
9	Saya merasa bahwa sistem ini memberikan pengalaman pengguna yang memuaskan.					
10	Saya merasa mudah mengakses fitur-fitur yang ada di dalam sistem ini.					

Keterangan:

SS (Sangat Setuju) : Responden sangat setuju dengan pernyataan.

S (Setuju) : Responden setuju dengan pernyataan.

R (Ragu) : Responden merasa ragu terhadap pernyataan.

TS (Tidak Setuju) : Responden tidak setuju dengan pernyataan.
 STS (Sangat Tidak Setuju) : Responden sangat tidak setuju dengan pernyataan.
 Langkah Perhitungan SUS
 Skor Individual Pernyataan

- a. **Pernyataan Bernomor Ganjil (1, 3, 5, dst.):** Skor = Jawaban - 1
 (Karena rentang skor SUS adalah 1–5, dan nilai minimal untuk pernyataan ganjil dimulai dari 0).
 b. **Pernyataan Bernomor Genap (2, 4, 6, dst.):** Skor = 5 - Jawaban
 (Karena pernyataan genap memiliki skala yang terbalik).

Table 3. Skor SUS

Jawaban	SS	S	R	TS	STS
Nilai Skor	5	4	3	2	1

Total Skor Responden

Jumlahkan semua skor dari 10 pernyataan (baik ganjil maupun genap).

Normalisasi Skor SUS

Skor SUS = Total Skor Responden \times 2.5

(Mengalikan dengan 2.5 mengubah rentang skor dari 0–40 menjadi 0–100).

Interpretasi Skor SUS

Skor SUS 0–50: Tidak dapat diterima (Poor Usability).

Skor SUS 51–68: Sedang (Average Usability).

Skor SUS 69–100: Baik hingga Sangat Baik (Good to Excellent Usability).

Dari rumus tersebut dilakukan perhitungan sehingga menghasilkan tabel berikut ini:

Table 4. Data Hasil Responden

No	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Skor
R1	5	1	5	1	4	1	5	1	5	1	90
R2	4	2	5	1	5	1	4	1	4	1	82.5
R3	5	1	5	1	4	1	5	1	5	1	90
R4	4	1	4	1	5	1	5	1	4	1	85
R5	3	2	4	2	5	1	4	2	4	2	75
R6	5	1	5	1	4	2	4	1	5	1	87.5
R7	4	1	4	1	5	1	5	1	4	1	85
R8	5	2	5	1	4	2	4	2	5	1	82.5
R9	4	2	5	1	5	1	4	1	4	1	82.5
R10	4	1	5	1	4	1	5	1	4	1	87.5
R11	4	1	4	1	3	1	3	2	3	1	77.5
R12	4	1	4	1	5	1	4	2	4	1	80
R13	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	90
R14	4	2	5	1	4	2	4	2	4	2	77.5
R15	4	1	3	2	4	2	4	2	3	2	67.5
R16	3	1	3	1	5	1	4	2	3	1	80
R17	4	2	4	2	5	2	4	1	4	1	77.5
R18	4	1	4	1	4	1	4	2	3	1	82.5
R19	4	1	5	2	4	1	4	1	5	1	82.5
R20	4	1	4	1	3	1	3	1	3	1	80
Total											82,125

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh skor SUS sebesar 82,125. Dengan skor tersebut, aplikasi ini dapat dikategorikan sebagai acceptable (diterima) berdasarkan standar kelayakan usability.

3. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa aplikasi/website Learning Management System (LMS) berbasis offline dengan menggunakan hotspot sebagai media perantara telah berhasil dikembangkan dan siap digunakan. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik, kecuali pada perangkat dengan spesifikasi rendah, seperti Oppo Android Lollipop dengan RAM 2GB dan penyimpanan terbatas. Pengujian non-fungsional menunjukkan skor System Usability Scale (SUS) sebesar 82,125, menandakan aplikasi memenuhi standar kelayakan dan dapat diterima oleh pengguna.

Dengan demikian, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan pada aplikasi LMS, sebagai berikut:

3.1 Kelebihan

- a. **Independensi dari Koneksi Internet:** LMS berbasis offline menggunakan hotspot lokal, memungkinkan akses materi dan tugas tanpa perlu internet eksternal, bermanfaat di daerah dengan akses internet terbatas.
- b. **Kinerja yang Stabil:** Sistem di-host di server lokal, sehingga tidak tergantung pada koneksi internet luar, memastikan kinerja yang stabil.
- c. **Penghematan Biaya Data:** Komunikasi antar perangkat hanya menggunakan koneksi lokal melalui hotspot, mengurangi biaya data bagi pengguna.
- d. **Desain Responsif dan Kompatibilitas dengan Berbagai Perangkat:** LMS dapat diakses melalui berbagai perangkat (laptop, tablet, smartphone) dengan tampilan antarmuka yang tetap optimal.
- e. **Fleksibilitas untuk Penggunaan di Berbagai Lokasi:** LMS dapat digunakan di berbagai lokasi selama dalam jangkauan hotspot lokal.

3.2 Kekurangan

- a. **Keterbatasan Jangkauan Hotspot:** Hotspot memiliki jangkauan terbatas, sehingga pengguna di luar jangkauan tidak dapat mengakses LMS.
- b. **Kapasitas Pengguna Terbatas:** Jumlah perangkat yang terhubung terbatas, yang dapat menurunkan kualitas koneksi jika terlalu banyak perangkat terhubung.
- c. **Ketergantungan pada Perangkat Server:** Jika perangkat server (misalnya laptop) mengalami masalah, sistem tidak dapat diakses oleh pengguna.
- d. **Keamanan Data dan Pengguna:** Keamanan data yang disimpan di server lokal perlu perhatian ekstra untuk melindungi informasi pribadi pengguna.
- e. **Pemeliharaan Manual:** Pembaruan dan pemeliharaan perangkat lunak harus dilakukan manual, yang bisa menjadi tantangan jika banyak perangkat yang digunakan.
- f. **Keterbatasan Fitur Interaktif:** Tanpa koneksi internet, fitur interaktif seperti forum atau video konferensi tidak dapat diakses.

4. KESIMPULAN

LMS berbasis offline menggunakan hotspot lokal menawarkan kelebihan dalam hal independensi dari internet dan fleksibilitas penggunaan, terutama di daerah dengan akses internet terbatas.

Namun, sistem ini memiliki keterbatasan dalam hal jangkauan, kapasitas pengguna, dan pemeliharaan perangkat keras yang perlu diperhatikan untuk implementasi lebih luas.

Saran

- a. **Gunakan Raspberry Pi untuk Memperluas Jangkauan:** Raspberry Pi dapat berfungsi sebagai server yang lebih efisien dan hemat energi, mendukung lebih banyak perangkat dan penyimpanan eksternal.
- b. **Peningkatan Infrastruktur Jaringan:** Gunakan router yang lebih kuat atau repeater untuk memperluas jangkauan Wi-Fi dan mendukung lebih banyak pengguna.
- c. **Optimalisasi untuk Berbagai Perangkat:** Uji sistem pada perangkat dengan spesifikasi rendah untuk memastikan kinerja optimal di perangkat dengan sumber daya terbatas.
- d. **Peningkatan Keamanan Sistem:** Implementasikan enkripsi data untuk melindungi informasi pribadi pengguna dan materi pendidikan.
- e. **Peningkatan Fitur Kolaborasi:** Pertimbangkan untuk menambahkan fitur kolaborasi berbasis lokal, seperti forum diskusi, untuk mendukung interaksi tanpa internet.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada sahabat saya, Muhammad Wahyu Ramadhan dan Rifky Nur Ikhwan, yang telah memberikan bantuan luar biasa dalam pembuatan aplikasi ini. Terima kasih juga kepada SDN 050588 Selesai yang telah berperan sebagai penguji dalam penelitian ini. Dukungan dan kontribusi mereka sangat berharga dalam kesuksesan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chyan, P. (2021). Perancangan learning management system sebagai pendukung pembelajaran jarak jauh. *Rabit: Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 6(1), 7-13. <https://doi.org/10.36341/rabit.v6i1.1521>
- Gibson, S., Patfield, S., Gore, J.M. et al. Aspiring to higher education in regional and remote Australia: the diverse emotional and material realities shaping young people's futures. *Aust. Educ. Res.* 49, 1105–1124 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13384-021-00463-7>
- Horn, C., & Rennie, E. (2018). Digital access, choice and agency in remote Sarawak. *Telematics Informatics*, 35, 1935-1948. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.06.006>
- Istiyani, N., Nyoto, R. D., & Muhandi, H. (2020). Aplikasi Learning Management System pada Jenjang Madrasah Aliyah. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN)*, 8(1), 105. <https://doi.org/10.26418/justin.v8i1.38266>
- Mondragon-Estrada, E., Kirschning, I., Nolzaco-Flores, J.A., & Camacho-Zuñiga, C. (2023). Fostering digital transformation in education: technology enhanced learning from professors' experiences in emergency remote teaching. *Frontiers in Education*.
- Hillier, M. (2018). Bridging the digital divide with off-line e-learning. *Distance Education*, 39, 110 - 121. <https://doi.org/10.1080/01587919.2017.1418627>
- Yamanoor, N., & Yamanoor, S. (2017). High quality, low cost education with the Raspberry Pi. 2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 1-5. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2017.8239274>
- Pressmann R.S. *Software Quality Engineering: A Practitioner's Approach*, New York: McGraw-Hill, 2010
- Hodrien, A., & Fernando, T. P. A review of post-study and post-task subjective questionnaires to guide assessment of system usability. *Journal of Usability Studies*, 2021, 16(3): 203-232

Bariah, S. H., & Putra, M. I. S. (2020). Penerapan Metode Waterfall Pada Perancangan Sistem Informasi Pengolahan Data Nilai Siswa. *Petik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 6(1), 1–6. Retrieved from <https://journal.institutpendidikan.ac.id/index.php/petik/article/view/1142>