Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat Indonesia
Published by
Media Publikasi Cendekia Indonesia
https://www.journalmpci.com/index.php/jppmi/index
ISSN : 2830-2567 (Online - Elektronik)
ISSN 2830-2567

Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat Indonesia, Vol. 5 No. 2 (2026): 814-827

Adopsi Teknologi Progressive Web Application untuk Mendukung Layanan Akademik dan E-learning pada SMK3T

Local Wisdom-Based Family Movement for Strengthening Adolescents' Learning Motivation and Positive Behavior

Andry Ananda Putra Tanggu Mara[1]*, Herman Huki Ratu[2], Katarina Yunita Riti[3], Olviana Tamo Ina[1], Yuliana Eka Balla[4], Theresia A.L Lemu[2], Simon Peter Gado[2], Stefani Rity[4], Aris Susanto[5]

[1] Pendidikan Teknologi Informasi, Universitas Stella Maris Sumba, Nusa Tenggara Timur, Indonesia
[2] Teknik Informatika, Universitas Stella Maris Sumba, Nusa Tenggara Timur, Indonesia
[3] Bisnis Digital, Universitas Stella Maris Sumba, Nusa Tenggara Timur, Indonesia
[4] Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Stella Maris Sumba, Nusa Tenggara Timur, Indonesia
[5] Pendidikan Guru Sekolah Dasar, STKIP Pelita Nusantara Buton, Sulawesi Tenggara, Indonesia

*Email Korespondensi: andry.tanggumara23@gmail.com

Abstrak

Keterbatasan infrastruktur internet, layanan akademik yang masih bersifat manual, serta belum terintegrasinya platform e-learning menjadi tantangan utama transformasi digital di sekolah menengah kejuruan (SMK) wilayah terdepan, terluar, dan tertinggal (3T). Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem informasi akademik dan e-learning berbasis Progressive Web Application (PWA) sebagai solusi digital yang ringan, adaptif, dan mampu beroperasi pada kondisi jaringan internet terbatas. Implementasi dilakukan secara partisipatif pada tiga sekolah mitra, yaitu SMK Don Bosco Sumba, SMK Pancasila Tambolaka, dan SMK Negeri 1 Waikabubak, dengan melibatkan total 126 peserta yang terdiri atas 18 guru, 102 peserta didik, 3 kepala sekolah, dan 3 operator sekolah. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, focus group discussion (FGD), dan dokumentasi, kemudian dianalisis secara tematik berbantuan NVivo 14 melalui proses pengodean, pengelompokan pola makna, dan pengembangan tema. Analisis mengidentifikasi lima tema utama, yaitu optimasi fitur sistem, kemudahan penggunaan (usability), implementasi offline dan sinkronisasi data, keamanan sistem dan hak akses, serta keberlanjutan implementasi. Frekuensi referensi coding digunakan sebagai informasi deskriptif pendukung, sedangkan interpretasi tema didasarkan pada pola makna, konteks pengalaman pengguna, dan konsistensi temuan dari berbagai sumber data. Seluruh sekolah mitra berhasil mengimplementasikan sistem PWA yang dapat diakses melalui berbagai perangkat tanpa instalasi aplikasi, mendukung akses offline dan sinkronisasi data, serta memfasilitasi pengelolaan layanan akademik dan pembelajaran secara lebih efisien. Temuan menunjukkan bahwa implementasi PWA meningkatkan aksesibilitas layanan digital, mendukung keberlangsungan pembelajaran pada kondisi infrastruktur terbatas, serta menyediakan model implementasi yang adaptif dan berkelanjutan untuk mendukung transformasi digital pendidikan vokasi di wilayah 3T.

Kata kunci: Progressive Web Application; Sistem Informasi Akademik; e-learning; Pendidikan Vokasi; Wilayah 3T

Abstract

Limited internet infrastructure, predominantly manual academic services, and the lack of integrated e-learning platforms remain major challenges to digital transformation in vocational high schools located in Indonesia's frontier, outermost, and disadvantaged (3T) regions. This community engagement project aimed to implement and evaluate a Progressive Web Application (PWA)-based academic information and e-learning system as a lightweight and adaptive digital solution capable of operating under limited internet connectivity. The implementation was conducted participatively across three partner schools: SMK Don Bosco Sumba, SMK Pancasila Tambolaka, and SMK Negeri 1 Waikabubak, involving a total of 126 participants comprising 18 teachers, 102 students, 3 school principals, and 3 school operators. Data were collected through observations, interviews, focus group discussions (FGDs), and documentation and were subsequently analyzed thematically using NVivo 14 through coding, the identification and grouping of patterns of meaning, and theme development. The analysis identified five major themes: system feature optimization, usability, offline implementation and data synchronization, system security and access control, and implementation sustainability. Coding reference frequencies were used as supporting descriptive information, while thematic interpretation was based

on patterns of meaning, the context of users' experiences, and the consistency of findings across multiple data sources. All partner schools successfully implemented the PWA system, which can be accessed across multiple devices without application installation, supports offline access and data synchronization, and facilitates more efficient management of academic services and learning activities. The findings indicate that PWA implementation improves the accessibility of digital services, supports learning continuity under infrastructure constraints, and provides an adaptive and sustainable implementation model for advancing the digital transformation of vocational education in 3T regions.

***Keywords**: Progressive Web Application; Academic Information System; E-learning; Digital Transformation; 3T Regions*

Pesan Utama:

- Implementasi sistem akademik dan e-learning berbasis Progressive Web Application (PWA) pada tiga SMK mitra di Sumba menjadi solusi yang realistis dan adaptif dalam meningkatkan aksesibilitas layanan pembelajaran vokasi, berkat kemampuannya diakses tanpa instalasi aplikasi serta mendukung fitur luring (offline) dan sinkronisasi data saat koneksi internet terbatas.

Copyright (c) 2026 Authors.

Received: 11 July 2026
Accepted: 10 September 2026
Published: 01 November 2026

DOI: https://doi.org/10.56303/jppmi.v5i2.1607

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

GRAPHICAL ABSTRACT



PENDAHULUAN

Transformasi digital dalam dunia pendidikan terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan terhadap layanan pembelajaran dan administrasi akademik yang fleksibel, efektif, dan mudah diakses. Salah satu bentuk transformasi tersebut adalah penerapan platform *e-learning* dan sistem informasi akademik berbasis *web* yang mampu mendukung aktivitas pembelajaran secara daring maupun *hybrid*. Pada konteks pendidikan kejuruan, implementasi teknologi digital menjadi semakin penting karena SMK dituntut mampu menyiapkan lulusan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan dunia kerja digital. Penggunaan *e-learning* pada SMK mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terutama setelah percepatan digitalisasi pendidikan di Indonesia (Ardiansyah, 2024). Sistem *e-learning* juga terbukti mampu meningkatkan fleksibilitas pembelajaran, aksesibilitas materi, serta efektivitas pengelolaan pembelajaran berbasis teknologi (Nasution et al., 2025).

Meskipun demikian, implementasi layanan akademik digital dan platform *e-learning* pada wilayah 3T (terdepan, terluar, dan tertinggal) masih menghadapi berbagai keterbatasan, terutama pada aspek infrastruktur internet, keterjangkauan perangkat, serta rendahnya kesiapan sistem digital sekolah. Wilayah 3T di Indonesia masih memiliki kesenjangan pembangunan pendidikan dibandingkan wilayah perkotaan, baik dari sisi akses teknologi, kualitas layanan pendidikan, maupun kesiapan transformasi digital (Busmah & Sugiarto, 2022; Jenar, 2022). Permasalahan tersebut semakin kompleks pada masa pascapandemi ketika sekolah dituntut untuk mengintegrasikan pembelajaran digital secara berkelanjutan. Falah & Hadna, (2022) menjelaskan bahwa sekolah di daerah 3T menghadapi berbagai kendala serius dalam pelaksanaan pembelajaran daring, seperti keterbatasan jaringan internet, minimnya platform pembelajaran yang sesuai, dan rendahnya literasi digital pengguna.

Kondisi tersebut juga ditemukan pada beberapa SMK di Pulau Sumba, Provinsi Nusa Tenggara Timur, khususnya di SMK Negeri 1 Waikabubak, SMK Pancasila Tambolaka, dan SMK Don Bosco Sumba. Berdasarkan hasil observasi awal dan komunikasi dengan pihak sekolah, sebagian besar layanan akademik masih dilakukan secara manual, sedangkan platform pembelajaran digital yang digunakan belum terintegrasi dengan sistem akademik sekolah. Selain itu, keterbatasan akses internet menyebabkan penggunaan *Learning Management System* (*LMS*) konvensional menjadi kurang optimal. Padahal, sekolah-sekolah tersebut memiliki potensi besar dalam pengembangan digitalisasi pendidikan karena sebagian besar guru dan peserta didik telah menggunakan perangkat *smartphone* dalam aktivitas sehari-hari. Oleh sebab itu, diperlukan solusi teknologi yang ringan, adaptif, dan tetap dapat diakses pada kondisi jaringan internet terbatas.

Salah satu solusi yang dinilai relevan adalah penerapan teknologi *Progressive Web Application* (*PWA*). *PWA* merupakan teknologi aplikasi berbasis *web* yang memiliki kemampuan menyerupai aplikasi *mobile*, ringan digunakan, responsif, serta dapat berjalan secara *offline* melalui mekanisme *cache* dan *service worker* (Arliand, 2022). Teknologi ini dinilai lebih sesuai untuk diterapkan pada sekolah di wilayah dengan keterbatasan jaringan internet karena mampu meningkatkan aksesibilitas layanan digital. Leshchuk et al. (2021) menjelaskan bahwa *PWA* memiliki keunggulan dalam mendukung pembelajaran peserta didik melalui akses cepat, penggunaan lintas perangkat, serta efisiensi penggunaan data internet. Selain itu, implementasi *PWA* pada platform pendidikan mampu meningkatkan pengalaman pengguna dan efektivitas akses pembelajaran digital.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi *e-learning* pada SMK memberikan dampak positif terhadap efektivitas pembelajaran dan pengelolaan pendidikan. Tresnawati & Ardiansyah (2025) mengembangkan aplikasi *e-learning* berbasis *web* pada SMK menggunakan metode *Extreme Programming* dan menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan efisiensi proses pembelajaran. Anna (2021) juga menjelaskan bahwa sistem informasi *e-learning* berbasis *web* dapat membantu integrasi layanan pembelajaran dan administrasi akademik sekolah secara lebih efektif. Kajian lain oleh Kholifatulloh & Kristiana (2024) menunjukkan

bahwa keberhasilan implementasi *e-learning* di SMK dipengaruhi oleh kualitas sistem, kemudahan penggunaan, dan penerimaan teknologi pengguna. Dalam konteks pengabdian masyarakat, Nita et al. (2022) menegaskan bahwa pelatihan dan implementasi *e-learning* berbasis *multiplatform* mampu mendukung digitalisasi pendidikan vokasi secara lebih adaptif.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini merupakan hilirisasi dari pengembangan sistem informasi akademik dan platform *e-learning* berbasis *Progressive Web Application* yang sebelumnya telah dikembangkan oleh tim pelaksana. Kegiatan difokuskan pada pelaksanaan uji coba terbatas sistem pada tiga SMK wilayah 3T di Pulau Sumba selama periode 6–25 April 2026. Kegiatan meliputi implementasi awal sistem, pendampingan penggunaan platform, simulasi layanan akademik digital, serta pengujian fitur *e-learning* berbasis *PWA*. Pengabdian ini menjadi penting karena mendukung percepatan transformasi digital pendidikan vokasi di wilayah tertinggal sekaligus memperkuat akses pendidikan berbasis teknologi yang lebih inklusif dan berkelanjutan. Hal tersebut sejalan dengan upaya pencapaian *Sustainable Development Goals* (*SDGs*), khususnya pada tujuan pendidikan berkualitas dan pengurangan kesenjangan akses pendidikan digital di daerah 3T (Fardinal, 2021).

Selain mendukung layanan pendidikan, penerapan teknologi digital juga berpotensi memperkuat budaya pembelajaran berbasis data pada sekolah. (Mara et al., 2021) menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran di wilayah Sumba mulai berkembang dan dapat menjadi dasar pengembangan ekosistem pembelajaran cerdas di masa mendatang. Bahkan, Mara (2025) menegaskan bahwa pembangunan pendidikan di daerah tertinggal memerlukan integrasi antara teknologi, budaya lokal, dan kemandirian sekolah agar transformasi pendidikan dapat berjalan secara berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan mengimplementasikan dan melakukan uji coba terbatas sistem informasi akademik dan platform *e-learning* berbasis *Progressive Web Application* pada SMK wilayah 3T di Pulau Sumba. SMK Don Bosco Sumba, SMK Pancasila Tambolaka, dan SMK Negeri 1 Waikabubak dipilih sebagai sekolah mitra berdasarkan hasil observasi awal dan komunikasi dengan pihak sekolah yang menunjukkan adanya kebutuhan nyata terhadap digitalisasi layanan akademik dan pembelajaran. Ketiga sekolah memiliki karakteristik yang relevan dengan tujuan kegiatan, yaitu layanan akademik yang masih didominasi proses manual, platform pembelajaran digital yang belum terintegrasi, keterbatasan dan ketidakstabilan konektivitas internet, serta tersedianya perangkat digital yang memungkinkan penerapan PWA. Pemilihan ketiga sekolah tersebut dengan demikian memberikan konteks implementasi yang sesuai untuk menguji penerapan PWA sebagai solusi digital yang ringan dan adaptif terhadap keterbatasan infrastruktur. Selain itu, kegiatan ini bertujuan meningkatkan pemahaman dan kesiapan sekolah dalam mengadopsi layanan akademik digital yang lebih fleksibel dan mudah diakses sehingga dapat mendukung pengembangan ekosistem pembelajaran digital pendidikan vokasi di wilayah 3T.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada tanggal 6–25 April 2026 di tiga Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) wilayah 3T di Pulau Sumba, Provinsi Nusa Tenggara Timur, yaitu SMK Negeri 1 Waikabubak, SMK Pancasila Tambolaka, dan SMK Don Bosco Sumba. Kegiatan difokuskan pada implementasi dan uji coba terbatas sistem informasi akademik serta platform *e-learning* berbasis *Progressive Web Application* (*PWA*) sebagai upaya mendukung transformasi digital sekolah vokasi pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur internet.

Khalayak Sasaran

Khalayak sasaran kegiatan meliputi kepala sekolah, operator sekolah, guru, tenaga administrasi, dan peserta didik pada tiga sekolah mitra. Pemilihan mitra didasarkan pada karakteristik wilayah yang termasuk kategori daerah 3T dengan kondisi layanan akademik yang masih didominasi proses manual serta belum

terintegrasi dengan platform pembelajaran digital. Implementasi sistem berbasis *Progressive Web Application* dipilih karena memiliki karakteristik ringan, responsif, serta mampu diakses pada kondisi jaringan internet terbatas maupun *semi-offline* (Hume, 2017; Wargo, 2020).

Metode Pengumpulan Data

Data kegiatan pengabdian dikumpulkan melalui beberapa teknik, yaitu:

1. **Observasi**, untuk mengidentifikasi kondisi awal layanan akademik, kesiapan infrastruktur digital, dan pola penggunaan teknologi di sekolah mitra.
2. **Wawancara**, yang dilakukan kepada kepala sekolah, operator, dan guru untuk memperoleh informasi mengenai kebutuhan layanan akademik serta kendala implementasi pembelajaran digital.
3. **Dokumentasi**, berupa dokumentasi proses implementasi sistem, pelaksanaan pelatihan, penggunaan platform, serta aktivitas peserta selama kegiatan berlangsung.
4. **Evaluasi dan umpan balik pengguna**, yang dilakukan melalui pengamatan langsung selama uji coba sistem guna memperoleh informasi mengenai aksesibilitas, kemudahan penggunaan, stabilitas sistem, serta respons awal pengguna terhadap implementasi platform (Akbar et al., 2021).

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan pengabdian dilakukan melalui enam tahapan utama. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, yang dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara untuk mengidentifikasi kebutuhan layanan akademik, pengelolaan data sekolah, distribusi materi pembelajaran, absensi, pengelolaan tugas, serta kebutuhan akses sistem pada berbagai perangkat. Tahap kedua adalah pengembangan dan penyesuaian sistem berdasarkan kebutuhan sekolah mitra. Sistem informasi akademik dan platform *e-learning* dikembangkan menggunakan teknologi *Progressive Web Application* yang mendukung akses lintas perangkat (*cross-platform*), bersifat *mobile-friendly*, serta memanfaatkan mekanisme *caching* dan *service worker* sehingga tetap dapat digunakan pada kondisi koneksi internet yang tidak stabil (Correia et al., 2021). Pendekatan ini juga memberikan performa yang lebih baik dibandingkan aplikasi *web* konvensional pada lingkungan dengan keterbatasan *bandwidth* internet (Rochim et al., 2023), serta mendukung konsep *modern web development* yang menekankan efisiensi, aksesibilitas, dan pengalaman pengguna (Cherukuri, 2024).

Tahap ketiga adalah implementasi dan instalasi sistem, yaitu pemasangan platform pada sekolah mitra, konfigurasi sistem, serta integrasi layanan akademik dan pembelajaran digital. Tahapan ini bertujuan memastikan sistem dapat digunakan oleh seluruh pengguna sekolah. Implementasi sistem informasi akademik berbasis *web* terbukti mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan data akademik dan efisiensi layanan sekolah (Arsyad et al., 2025), sekaligus memperkuat keberlanjutan transformasi digital sekolah vokasi (Santosa et al., 2023). Tahap keempat adalah pelatihan dan pendampingan, yang diberikan kepada operator sekolah, guru, dan peserta didik mengenai penggunaan fitur layanan akademik, pengelolaan kelas digital, distribusi materi, pengumpulan tugas, dan pemantauan aktivitas pembelajaran. Tahap kelima adalah uji coba terbatas, yaitu simulasi penggunaan sistem dalam aktivitas akademik sehari-hari untuk menguji fungsi layanan, kemudahan penggunaan, stabilitas sistem, dan kesiapan pengguna. Tahap terakhir adalah evaluasi, yang dilakukan melalui observasi, dokumentasi, dan pengumpulan umpan balik pengguna sebagai dasar penyempurnaan sistem serta rekomendasi implementasi berkelanjutan di sekolah mitra.

Selain mendukung digitalisasi sekolah, implementasi *Progressive Web Application* juga berkontribusi terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals* (*SDGs*), khususnya SDG 4 tentang pendidikan berkualitas dan SDG 8 tentang pekerjaan layak melalui penguatan kompetensi digital pendidikan vokasi (A. A. P. T. Mara et al., 2026). Seluruh proses pengabdian menerapkan pendekatan pendampingan partisipatif agar sekolah memiliki kemandirian dalam mengoperasikan dan mengembangkan sistem setelah kegiatan selesai. Pengembangan sistem juga mengacu pada prinsip-prinsip pengembangan perangkat lunak dan *coding* modern yang adaptif terhadap

kebutuhan pengguna (Amrullah et al., 2025; A. A. P. T. Mara, 2025). Selain itu, penggunaan *Progressive Web Application* memungkinkan distribusi aplikasi tanpa melalui *marketplace* sehingga lebih mudah diterapkan pada sekolah dengan keterbatasan perangkat dan jaringan internet (Ode, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem Progressive Web Application pada Sekolah Mitra

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di tiga sekolah menengah kejuruan wilayah 3T di Pulau Sumba, yaitu SMK Negeri 1 Waikabubak, SMK Pancasila Tambolaka, dan SMK Don Bosco Sumba. Implementasi dilakukan melalui instalasi sistem, pelatihan pengguna, simulasi penggunaan, pendampingan operasional, serta diskusi evaluatif bersama kepala sekolah, guru, operator sekolah, dan peserta didik. Selama pelaksanaan kegiatan, seluruh sekolah mitra berhasil mengoperasikan sistem informasi akademik dan *e-learning* berbasis *Progressive Web Application* (PWA) menggunakan perangkat yang telah tersedia di sekolah. Peserta pelatihan mencoba berbagai fitur, mulai dari proses *login*, pengelolaan kelas, distribusi materi, pemberian tugas, pengisian nilai, hingga pengelolaan data akademik. Hasil evaluasi praktik selama tahap pendampingan menunjukkan bahwa 15 dari 18 guru (83,3%) mampu mengoperasikan fungsi inti sistem secara mandiri, meliputi *login*, pengelolaan kelas, distribusi materi, pemberian tugas, dan pengelolaan nilai. Capaian tersebut dinilai melalui pengamatan langsung selama simulasi penggunaan sistem. Sementara itu, 3 guru (16,7%) masih memerlukan pendampingan pada beberapa tahapan operasional. Hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan pendampingan tidak hanya menghasilkan penerimaan positif terhadap aplikasi, tetapi juga membangun kemampuan operasional awal sebagian besar guru dalam memanfaatkan PWA untuk mendukung aktivitas akademik dan pembelajaran. Meskipun demikian, capaian tersebut merepresentasikan kemampuan operasional yang diamati setelah pendampingan dan belum dimaksudkan sebagai ukuran kemahiran digital jangka panjang.

Selain demonstrasi sistem, tim pengabdian juga melakukan diskusi kelompok terarah (*Focus Group Discussion*) dan wawancara singkat untuk memperoleh masukan mengenai kemudahan penggunaan, kebutuhan pengembangan fitur, serta kesiapan implementasi sistem secara berkelanjutan. Seluruh proses diskusi kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *thematic analysis* sehingga diperoleh tema-tema utama yang merepresentasikan kebutuhan pengguna terhadap sistem.

Analisis Tematik Menggunakan NVivo

Analisis dilakukan terhadap seluruh hasil diskusi dan catatan lapangan selama kegiatan pendampingan. Proses *coding* menghasilkan lima tema utama yang paling sering muncul.

Tabel 1. Hasil Analisis Tematik NVivo

Tema	Subtema	Jumlah Referensi	Jumlah Sumber
Optimasi Fitur Sistem	Sinkronisasi data, impor-ekspor nilai, manajemen tugas, portofolio, rapor	39	3
Kemudahan Penggunaan (*Usability*)	*Login*, antarmuka, navigasi, pelatihan pengguna	27	3
Implementasi *Offline* dan Sinkronisasi	Akses *offline*, *cache*, sinkronisasi otomatis	24	3
Keamanan dan Hak Akses	Hak akses guru, siswa, admin, keamanan data	21	3
Keberlanjutan Implementasi	Pengembangan fitur, integrasi sistem sekolah, dukungan teknis	19	3

Tema 1. Optimasi Fitur Sistem

Tema pertama menggambarkan kebutuhan pengguna terhadap penyempurnaan fitur agar sistem dapat terintegrasi dengan praktik administrasi yang telah berjalan di sekolah. Salah satu kebutuhan utama berkaitan dengan sinkronisasi data akademik sehingga pengguna tidak perlu melakukan penginputan data secara berulang.

Seorang operator sekolah menyampaikan,

> "Kalau bisa siswa tidak perlu lagi memasukkan data pribadi secara manual, tetapi langsung menggunakan data sekolah sehingga datanya tetap sinkron."

Masukan lain berkaitan dengan pengelolaan nilai dan rapor. Seorang guru menyatakan,

> "Penginputan nilai sebaiknya memiliki fitur impor dan ekspor Excel agar pekerjaan guru lebih cepat."

Masukan tersebut ditindaklanjuti oleh tim pengabdian melalui penyesuaian mekanisme pengelolaan data nilai agar mendukung proses impor dan ekspor data berbasis Excel. Penyesuaian ini diarahkan untuk mengurangi penginputan data secara berulang dan memudahkan guru memindahkan data nilai dari administrasi yang sebelumnya digunakan ke dalam sistem PWA. Guru juga mengusulkan agar sistem mampu mengakomodasi berbagai bentuk tugas. Salah seorang guru menyampaikan,

> "Guru memiliki tugas portofolio dan pilihan ganda. Akan lebih baik jika keduanya dapat dikelola dalam satu sistem."

Temuan tersebut menunjukkan bahwa proses pendampingan tidak hanya berfungsi untuk mengenalkan teknologi kepada sekolah, tetapi juga membentuk proses pengembangan secara partisipatif, ketika masukan pengguna menjadi dasar penyempurnaan sistem sesuai kebutuhan nyata administrasi dan pembelajaran di sekolah mitra.

Tema 2. Kemudahan Penggunaan (Usability)

Tema berikutnya berkaitan dengan pengalaman pengguna selama mencoba sistem. Sebagian besar peserta menilai antarmuka aplikasi sudah sederhana, namun masih memerlukan beberapa penyempurnaan. Seorang guru menyampaikan,

> "Tampilan awal sebaiknya dibuat lebih menarik seperti website sekolah."

Peserta lainnya menyampaikan,

> "Penjelasan alur pemberian tugas perlu dibuat lebih jelas supaya siswa mudah memahami."

Selain itu, peserta juga mengusulkan adanya dokumentasi penggunaan sistem.

> "PWA bisa dikirim setelah pelatihan sehingga guru dapat mempelajari kembali secara mandiri."

Hal tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi tidak hanya dipengaruhi kualitas sistem, tetapi juga kualitas pengalaman pengguna (*user experience*).

Tema 3. Implementasi Offline dan Sinkronisasi Data

Karena sekolah berada pada wilayah 3T, hampir seluruh peserta menanyakan kemampuan sistem ketika jaringan internet tidak stabil. Pertanyaan yang paling sering muncul adalah mengenai penggunaan secara *offline*. Seorang guru menyampaikan,

> "Apakah aplikasi bisa digunakan secara offline dari awal atau harus selalu online?"

Peserta lain menambahkan,

> "Kalau siswa mengumpulkan tugas saat offline, apakah nanti bisa otomatis terunggah?"

Operator sekolah juga mengusulkan,

> "Input data dilakukan secara offline, sedangkan sinkronisasi cukup dilakukan ketika jaringan tersedia."

Masukan tersebut menunjukkan bahwa fitur sinkronisasi merupakan kebutuhan utama bagi sekolah di daerah dengan keterbatasan internet.

Tema 4. Keamanan Sistem dan Hak Akses

Tema berikutnya berkaitan dengan keamanan data dan pengaturan hak akses. Guru menginginkan agar setiap pengguna hanya dapat mengakses data sesuai kewenangannya. Seorang guru menyampaikan,

> "Guru lain jangan bisa menghapus atau mengedit materi yang bukan miliknya."

Operator sekolah juga menanyakan,

> "Apakah fitur guru, admin, dan siswa nantinya berbeda?"

Selain itu, muncul kekhawatiran mengenai keamanan sistem. Seorang peserta menyatakan,

"Apa yang menjamin aplikasi ini aman dan tidak mudah dibobol?"

Temuan tersebut menunjukkan bahwa keamanan data menjadi perhatian utama sebelum sistem digunakan secara penuh.

Tema 5. Keberlanjutan Implementasi

Tema terakhir berkaitan dengan keberlanjutan penggunaan sistem setelah kegiatan pengabdian selesai. Sebagian besar peserta berharap sistem terus dikembangkan sesuai kebutuhan sekolah. Beberapa usulan yang muncul antara lain integrasi dengan sistem keuangan sekolah, *tracer study* alumni, pengelolaan sarana prasarana, hingga fitur administrasi rapor. Seorang kepala sekolah menyampaikan,

"Kalau sekolah ingin menambah fitur, apakah sistem masih bisa dikembangkan?"

Guru lainnya menambahkan,

"Harapannya sistem ini benar-benar digunakan sekolah, bukan hanya saat uji coba."

Temuan ini menunjukkan adanya komitmen sekolah untuk melanjutkan implementasi sistem apabila pengembangan dilakukan secara berkelanjutan.

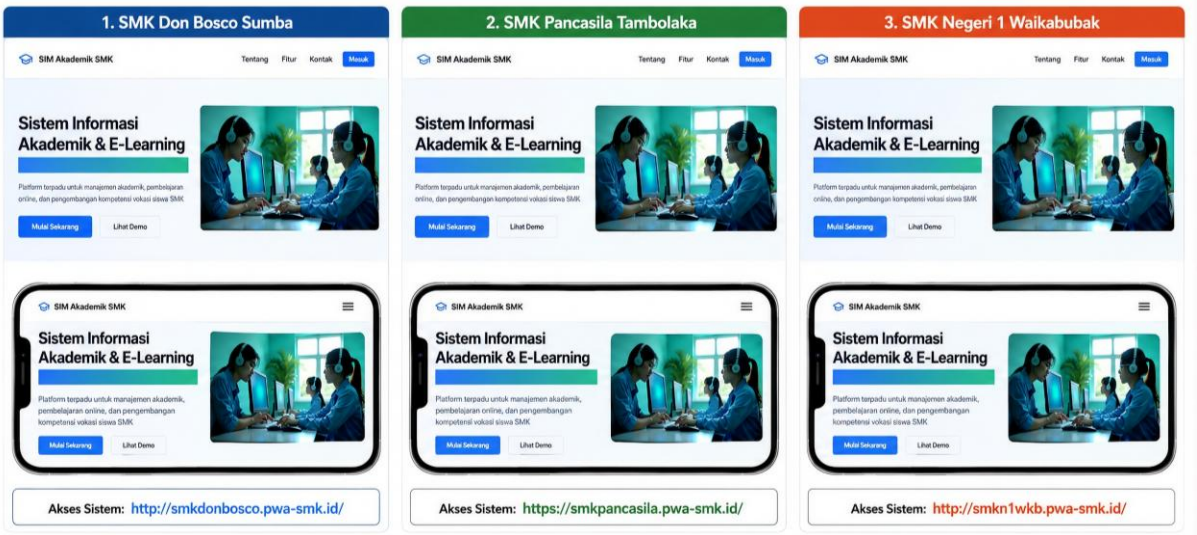
Dampak Implementasi terhadap Praktik Akademik dan Pembelajaran

Selain menghasilkan umpan balik untuk penyempurnaan sistem, kegiatan pengabdian mendorong perubahan awal dalam cara sekolah mitra mengelola layanan akademik dan pembelajaran digital. Sebelum implementasi, sebagian layanan akademik masih dilakukan secara manual dan platform pembelajaran belum terintegrasi dengan sistem akademik sekolah. Melalui pelatihan, simulasi, dan pendampingan, guru dan operator mulai menggunakan satu sistem PWA untuk menjalankan berbagai aktivitas, meliputi pengelolaan kelas, distribusi materi, pemberian dan pengumpulan tugas, pengelolaan nilai, serta administrasi akademik. Pada aspek pembelajaran, penggunaan PWA memberikan alternatif bagi guru dan peserta didik untuk mengakses materi dan aktivitas pembelajaran melalui berbagai perangkat tanpa harus menginstal aplikasi khusus. Dukungan akses *offline* dan sinkronisasi data juga menjadi bagian penting dari perubahan praktik tersebut karena memungkinkan aktivitas tertentu tetap dilakukan ketika konektivitas internet tidak stabil dan disinkronkan ketika jaringan tersedia. Pada aspek administrasi, integrasi berbagai layanan dalam satu sistem mengurangi ketergantungan pada proses yang sepenuhnya manual dan membuka peluang pengelolaan data akademik yang lebih terstruktur. Dampak kegiatan pada tahap ini terutama terlihat pada terbentuknya praktik awal penggunaan layanan akademik dan pembelajaran digital serta meningkatnya kesiapan sekolah untuk mengoperasikan sistem secara mandiri. Oleh karena itu, hasil kegiatan tidak hanya merepresentasikan uji coba teknis aplikasi, tetapi juga proses pendampingan dan adaptasi teknologi bersama pengguna sekolah sebagai langkah awal transformasi layanan akademik dan pembelajaran pada konteks wilayah 3T.

Hasil analisis tematik menunjukkan bahwa implementasi sistem *e-learning* berbasis *Progressive Web Application* diterima secara positif oleh sekolah mitra. Akan tetapi, keberhasilan implementasi tidak hanya dipengaruhi oleh tersedianya teknologi, melainkan juga oleh kesesuaian fitur dengan kebutuhan nyata pengguna. Analisis menghasilkan lima tema utama, yaitu optimasi fitur sistem, kemudahan penggunaan, implementasi *offline*, keamanan sistem, dan keberlanjutan pengembangan. Tema-tema tersebut saling berkaitan dalam membentuk kesiapan sekolah menuju transformasi digital. Masukan terbesar berasal dari kebutuhan sinkronisasi data akademik, otomatisasi administrasi, pengaturan hak akses, serta kemampuan sistem beroperasi pada kondisi internet terbatas. Temuan ini memperlihatkan bahwa karakteristik wilayah 3T menuntut solusi digital yang ringan, adaptif, dan mampu bekerja pada lingkungan dengan keterbatasan infrastruktur.

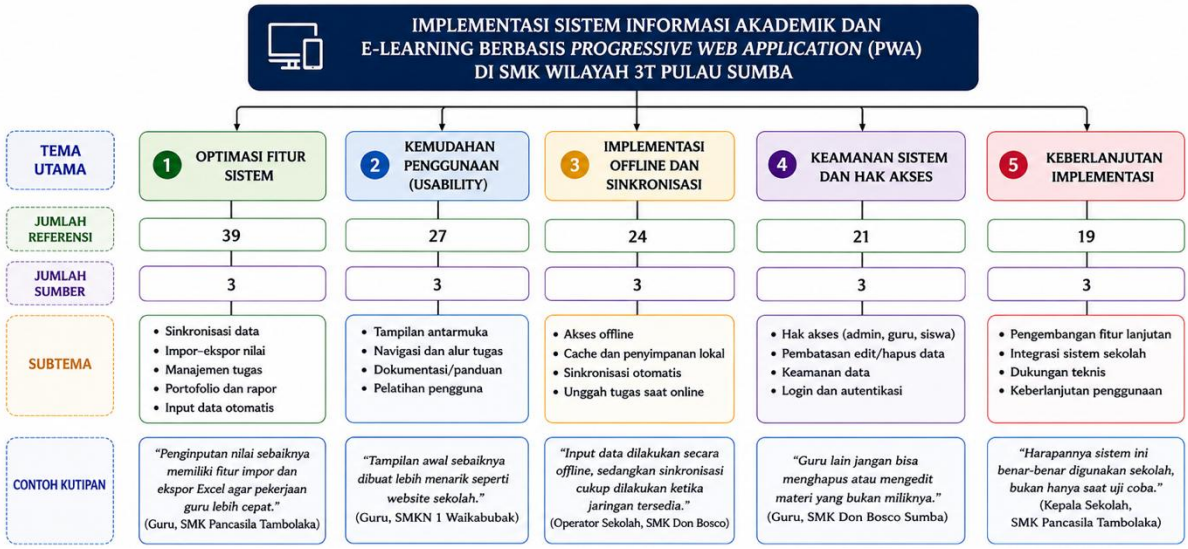
Selain itu, tingginya antusiasme peserta terhadap pengembangan fitur lanjutan menunjukkan bahwa sekolah tidak lagi memandang sistem hanya sebagai media pembelajaran, tetapi sebagai fondasi menuju ekosistem digital sekolah yang terintegrasi. Oleh karena itu, pendekatan pendampingan partisipatif selama

kegiatan pengabdian berhasil menghasilkan umpan balik yang dapat dijadikan dasar penyempurnaan sistem sebelum implementasi secara lebih luas.



Gambar 1. Implementasi Sistem Informasi Akademik dan *E-learning* Berbasis *Progressive Web Application* (PWA) pada Tiga Sekolah Mitra di Wilayah 3T Pulau Sumba

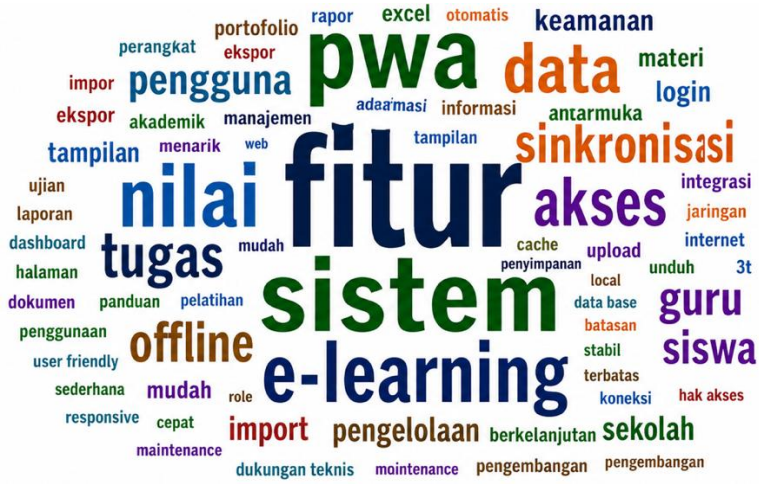
Selain menghasilkan temuan mengenai kebutuhan pengguna, kegiatan ini juga menghasilkan implementasi nyata sistem informasi akademik dan *e-learning* berbasis *Progressive Web Application* (PWA) yang telah berhasil diimplementasikan pada tiga sekolah mitra. Implementasi tersebut memungkinkan sekolah mengakses layanan akademik dan pembelajaran digital melalui platform berbasis web yang responsif, ringan, serta dapat digunakan pada berbagai perangkat tanpa memerlukan instalasi aplikasi khusus. Sistem yang telah diimplementasikan dapat diakses pada SMK Don Bosco Sumba melalui http://smkdonbosco.pwa-smk.id/, SMK Pancasila Tambolaka melalui https://smkpancasila.pwa-smk.id/, dan SMK Negeri 1 Waikabubak melalui http://smkn1wkb.pwa-smk.id/. Ketersediaan platform tersebut menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian ini tidak hanya menghasilkan rekomendasi konseptual berdasarkan analisis tematik, tetapi juga menghasilkan luaran yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh sekolah sebagai bagian dari penguatan transformasi digital pendidikan vokasi di wilayah 3T. Keberadaan sistem yang telah beroperasi pada masing-masing sekolah sekaligus memperkuat validitas implementasi dan menunjukkan kesiapan model PWA untuk direplikasi pada sekolah lain yang memiliki karakteristik infrastruktur serupa.



Gambar 2. *Hierarchy Chart* Hasil Analisis Tematik Umpan Balik Pengguna terhadap Implementasi Sistem

Informasi Akademik dan *E-learning* Berbasis *Progressive Web Application (PWA)* di SMK Wilayah 3T Pulau Sumba

Gambar 2 menyajikan hasil analisis tematik terhadap data hasil observasi, *focus group discussion* (FGD), wawancara, dan catatan lapangan selama implementasi sistem informasi akademik dan *e-learning* berbasis *Progressive Web Application (PWA)* pada tiga SMK mitra di wilayah 3T Pulau Sumba. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *thematic analysis* bergaya NVivo sehingga diperoleh lima tema utama, yaitu optimasi fitur sistem**,** kemudahan penggunaan (*usability*)**,** implementasi *offline* dan sinkronisasi data**,** keamanan sistem dan hak akses, serta keberlanjutan implementasi. Tema yang paling banyak muncul adalah kebutuhan optimasi fitur sistem (39 referensi), diikuti oleh kemudahan penggunaan (27 referensi), implementasi *offline* dan sinkronisasi (24 referensi), keamanan sistem dan hak akses (21 referensi), serta keberlanjutan implementasi (19 referensi). Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi teknologi pada sekolah wilayah 3T tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan aplikasi, tetapi juga oleh kesesuaian fitur dengan kebutuhan pengguna, kemudahan operasional, keamanan data, serta keberlanjutan pengembangan sistem.



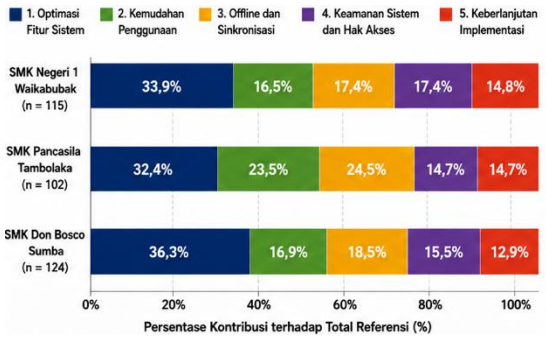
Gambar 3. *Word Cloud* Hasil Analisis Tematik Umpan Balik Pengguna terhadap Implementasi Sistem Informasi Akademik dan *E-learning* Berbasis *Progressive Web Application (PWA)* di SMK Wilayah 3T Pulau Sumba

Gambar 3 menampilkan visualisasi *word cloud* yang dihasilkan dari analisis tematik terhadap hasil wawancara, *focus group discussion* (FGD), observasi, dan catatan lapangan selama implementasi sistem informasi akademik dan *e-learning* berbasis *Progressive Web Application (PWA)* pada tiga sekolah mitra di wilayah 3T Pulau Sumba. Ukuran setiap kata menunjukkan frekuensi kemunculannya dalam proses *coding*, sehingga kata yang berukuran lebih besar merepresentasikan isu yang paling sering dibahas oleh para peserta. Kata-kata dominan, seperti fitur**,** sistem**,** *e-learning*, *PWA*, sinkronisasi**,** akses**,** offline**,** nilai**,** tugas**,** dan pengguna, menunjukkan bahwa perhatian utama pengguna berfokus pada pengembangan fitur, kemudahan penggunaan, kemampuan akses pada kondisi jaringan terbatas, pengelolaan data akademik, serta peningkatan kualitas layanan digital sekolah. Visualisasi ini memperkuat hasil analisis tematik yang menunjukkan bahwa kebutuhan pengembangan sistem tidak hanya berkaitan dengan aspek teknis, tetapi juga mencakup pengalaman pengguna (*user experience*), keamanan data, dan keberlanjutan implementasi.

Rendah — Tinggi

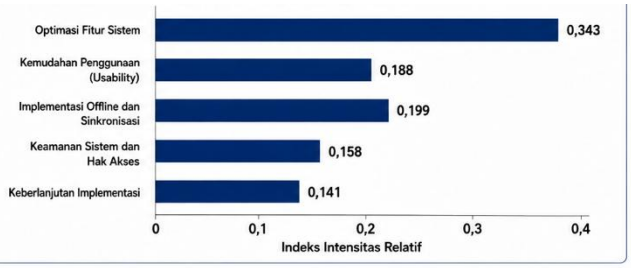
TEMA UTAMA	SMK Negeri 1 Waikabubak (n = 3)	SMK Pancasila Tambolaka (n = 3)	SMK Don Bosco Sumba (n = 3)	TOTAL REFERENSI (SEMUA SEKOLAH)
1. Optimasi Fitur Sistem	39	33	45	117
2. Kemudahan Penggunaan (Usability)	19	24	21	64
3. Implementasi Offline dan Sinkronisasi	20	25	23	68
4. Keamanan Sistem dan Hak Akses	20	15	19	54
5. Keberlanjutan Implementasi	17	15	16	48
TOTAL REFERENSI PER SEKOLAH	115	102	124	341

a. Intensitas Tema pada 3 SMK



b. Kontribusi Tema Pada Setiap Sekolah

Peringkat	Tema Utama	Total Referensi	Kontribusi (%)
1	Optimasi Fitur Sistem	117	29,9%
2	Kemudahan Penggunaan (Usability)	64	20,6%
3	Implementasi Offline dan Sinkronisasi	68	17,4%
4	Keamanan Sistem dan Hak Akses	54	13,8%
5	Keberlanjutan Implementasi	48	12,3%
TOTAL		341	100%



c. Peringkat Tema dari ke-3 Sekolah

Gambar 4. Matriks *Coding Comparison* Hasil Analisis Tematik NVivo pada Tiga Sekolah Mitra Implementasi Sistem Informasi Akademik dan *E-learning* Berbasis *Progressive Web Application (PWA)*

Gambar 4 menyajikan analisis komparatif hasil *thematic coding* menggunakan NVivo 14 berdasarkan data wawancara, *focus group discussion* (FGD), observasi, dan catatan lapangan dari tiga sekolah mitra implementasi *Progressive Web Application* (PWA). Bagian A (Heatmap) memperlihatkan intensitas relatif kemunculan lima tema utama pada masing-masing sekolah, sehingga memudahkan identifikasi variasi maupun konsistensi pola tematik antar sekolah mitra. Bagian B (Diagram Batang Bertumpuk) menunjukkan proporsi kontribusi setiap tema terhadap keseluruhan hasil *coding* pada masing-masing sekolah, yang mengindikasikan bahwa distribusi tema relatif seragam dengan dominasi pembahasan mengenai optimasi fitur sistem, kemudahan penggunaan, serta implementasi *offline* dan sinkronisasi. Selanjutnya, Bagian C merangkum peringkat keseluruhan tema berdasarkan total referensi dan indeks intensitas relatif, yang menunjukkan bahwa Optimasi Fitur Sistem merupakan tema yang paling dominan (29,9%), diikuti oleh Kemudahan Penggunaan *(Usability)* (20,6%), Implementasi Offline dan Sinkronisasi (17,4%), Keamanan Sistem dan Hak Akses (13,8%), serta Keberlanjutan Implementasi (12,3%). Secara keseluruhan, Gambar 4 menegaskan bahwa ketiga sekolah memiliki pola kebutuhan yang serupa, yaitu berfokus pada penyempurnaan fitur, peningkatan pengalaman pengguna, serta kemampuan sistem untuk tetap beroperasi pada kondisi infrastruktur internet yang terbatas. Temuan ini memperkuat hasil analisis tematik bahwa keberhasilan implementasi PWA di wilayah 3T tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis aplikasi, tetapi juga oleh kesesuaian fitur dengan kebutuhan pengguna, kemudahan operasional, dan keberlanjutan pengembangan sistem sebagai fondasi transformasi digital layanan akademik dan *e-learning*.

Secara keseluruhan, kegiatan ini menghasilkan luaran berupa model implementasi PWA yang layak diterapkan pada sekolah vokasi di wilayah 3T sebagai bagian dari penguatan ekosistem pendidikan digital. Pendekatan pendampingan partisipatif yang diterapkan selama proses implementasi juga memungkinkan

sekolah berperan aktif dalam memberikan masukan untuk penyempurnaan sistem sehingga meningkatkan peluang keberlanjutan pemanfaatannya. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut disarankan mencakup integrasi dengan sistem administrasi sekolah lainnya, penyempurnaan mekanisme sinkronisasi offline, penguatan keamanan data, serta perluasan implementasi pada lebih banyak sekolah di wilayah 3T. Upaya tersebut diharapkan dapat mendukung percepatan transformasi digital pendidikan vokasi sekaligus berkontribusi terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDG) 4 tentang pendidikan berkualitas dan SDG 8 tentang pekerjaan layak melalui penguatan kompetensi digital di daerah tertinggal.



Gambar 5. Dokumentasi Kegiatan Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat (SMK Don Bosco Sumba, SMK Negeri 1 Waikabubak, SMK Pancasila Tambolaka)

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil mengimplementasikan dan menguji coba terbatas sistem informasi akademik serta platform e-learning berbasis Progressive Web Application (PWA) pada tiga SMK di wilayah 3T Pulau Sumba. Seluruh sekolah mitra mampu mengoperasikan sistem untuk mendukung layanan akademik dan pembelajaran digital, mulai dari pengelolaan kelas, distribusi materi, pemberian tugas, hingga administrasi akademik. Karakteristik PWA yang ringan, responsif, serta mampu mendukung akses lintas

perangkat dan kondisi jaringan internet yang terbatas menjadikannya solusi yang relevan untuk memperkuat transformasi digital pendidikan vokasi di daerah dengan keterbatasan infrastruktur.

Analisis tematik menggunakan NVivo menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi sistem tidak hanya ditentukan oleh kesiapan teknologi, tetapi juga oleh kesesuaian fitur dengan kebutuhan pengguna. Lima tema utama yang teridentifikasi, yaitu optimasi fitur sistem, kemudahan penggunaan (usability), implementasi offline dan sinkronisasi data, keamanan sistem dan hak akses, serta keberlanjutan implementasi, memberikan gambaran yang komprehensif mengenai prioritas pengembangan sistem pada sekolah mitra. Temuan ini memperlihatkan bahwa pengguna mengharapkan sistem yang tidak hanya berfungsi sebagai platform pembelajaran, tetapi juga mampu mengintegrasikan layanan akademik secara efisien, aman, mudah digunakan, dan berkelanjutan.

PENDANAAN

Penulis menyatakan bahwa kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, lembaga swasta, maupun organisasi nirlaba. Seluruh kegiatan dilaksanakan secara mandiri sebagai bagian dari komitmen pengembangan dan implementasi inovasi teknologi untuk mendukung transformasi digital pendidikan vokasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada SMK Negeri 1 Waikabubak, SMK Pancasila Tambolaka, dan SMK Don Bosco Sumba atas kerja sama, partisipasi, serta dukungan selama proses implementasi dan uji coba sistem informasi akademik dan platform e-learning berbasis Progressive Web Application (PWA). Penghargaan juga disampaikan kepada kepala sekolah, guru, tenaga administrasi, operator sekolah, serta seluruh peserta didik yang telah memberikan masukan, umpan balik, dan berpartisipasi aktif selama kegiatan berlangsung sehingga pengembangan sistem dapat disesuaikan dengan kebutuhan nyata sekolah di wilayah 3T.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, M. T. I., Wicaksono, S. A., & Amalia, F. (2021). Pengembangan Sistem Informasi Akademik Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)(Studi pada SMK Muhammadiyah 1 Kemlagi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, *5*(11), 5048–5056.

Amrullah, S., Kom, M., Idaman, A., Kom, S., Kom, M., Khirdany, E. N., & Kom, M. (2025). *Dasar-Dasar Coding: Konsep, Logika, dan Implementasi*. PT Bukuloka Literasi Bangsa.

Anna, A. (2021). *Perancangan Sistem Informasi E-learning Berbasis Web Studi Kasus SMK Mandiri*. Jurnal Sistem Informasi Akuntansi.

Ardiansyah, M. (2024). Trend penggunaan e-learning sekolah menengah kejuruan (SMK) di Riau. *JATISI*, *11*(2).

Arliand, G. (2022). *Pengembangan Aplikasi E-learning Berbasis Website dengan Model Progressive Web Apps*.

Arsyad, M. Z., Mary, T., & Junaidi, S. (2025). Perancangan sistem informasi akademik (SIAKAD) berbasis web di SMK Negeri 1 Sijunjung. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JISTI*, *8*(1), 65–75.

Busmah, N. A., & Sugiarto, S. (2022). Determinan Indeks Pembangunan Pendidikan pada Daerah Tertinggal di Indonesia Tahun 2020. *Seminar Nasional Official Statistics*, *2022*(1), 395–404.

Cherukuri, B. R. (2024). Progressive web apps (PWAs): Enhancing user experience through modern web development. *International Journal of Science and Research*, *13*(10), 1550–1560.

Correia, F., Ribeiro, Ó., & Silva, J. C. (2021). Progressive web apps development: Study of caching mechanisms. *2021 21st International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA*, 181–187.

Falah, A. I., & Hadna, A. H. (2022). Problematika pendidikan masa pandemi di Indonesia pada daerah 3-T (Terluar, tertinggal, dan terdepan. *Jurnal Pendidikan dan kebudayaan*, *7*(2), 164–185.

Fardinal, A. N. (2021). *Penerapan Sustainable Development Goals (SDGs) Dalam Pemenuhan Pendidikan Berkualitas Pada Daerah 3T (Terdepan, Terluar Dan Tertinggal) Di Kabupaten Kepulauan Mentawai Provinsi Sumatera Barat*.

Hume, D. (2017). *Progressive web apps*. Simon and Schuster.

Jenar, S. (2022). Analisis Penetapan Daerah Tertinggal Tahun 2020-2024 dan Rencana Aksi Nasional Percepatan Pembangunan Daerah Tertinggal Tahun 2020. *Indonesia Law Reform Journal*, *2*(1), 1–17. https://doi.org/10.22219/ilrej.v2i1.19528

Kholifatulloh, H., & Kristiana, T. (2024). Analisa Sistem E-learning di SMK Menggunakan Metode DeLone and McLean dan UTAUT. *Jurnal Teknik Komputer*, *10*(1), 69–78.

Leshchuk, S. O., Ramskyi, Y. S., Kotyk, A. V, & Kutsiy, S. V. (2021). Design a progressive web application to support student learning. In *CS&SE@ SW* (pp. 83–96).

Mara, A. A. P. T. (2025). *Membangun Masa Depan Pendidikan Daerah Tertinggal: Teknologi, Budaya, dan Kemandirian*.

Mara, A. A. P. T., Surjono, H. D., & Yuniarti, N. (2026). Progressive web applications as a tool to achieve SDG 4 and SDG 8: Evidence from vocational schools in marginalized regions. *Journal of Education and E-Learning Research*, *13*(2), 42–53. https://doi.org/10.20448/jeelr.v13i2.8562

Mara, A. T., Sediyono, E., & Purnomo, H. (2021). Penerapan algoritma k-nearest neighbors pada analisis sentimen metode pembelajaran dalam jaringan (daring) di universitas kristen wira wacana sumba. *JOINTER: Journal of Informatics Engineering*, *2*(01), 24–31.

Nasution, E. J. A. H., Molefe, L., & Utami, R. T. (2025). Platform e-learning adaptif meningkatkan aksesibilitas bagi berbagai demografi pembelajar: Adaptive e-learning platform enhances accessibility for diverse learner demographics. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, *3*(2), 177–186.

Nita, S., Andria, A., & Lukas, F. M. (2022). Pelatihan e-learning Berbasis Multiplatform sebagai Wujud Digitalisasi Program MBKM di SMKN 2 Madiun: Multi platform Based e-learning Training As a Form of Digitization MBKM Program at SMKN 2 Madiun. *Amalee: Indonesian Journal of Community Research and Engagement*, *3*(2), 491–500.

Ode, M. A. (2022). *Aplikasi Asesmen Nasional Berbasis Komputer Dengan Menggunakan Progressive Web App*.

Rochim, R. V, Rahmatulloh, A., El-Akbar, R. R., & Rizal, R. (2023). Performance Comparison of Response Time Native, Mobile and Progressive Web Application Technology. *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS*, *5*(1).

Santosa, I., Sutoyo, E., & Fauzi, R. (2023). Pengembangan Ulang Sistem Informasi Akademik SMK demi Pemanfaatan dan Peningkatan yang Berkelanjutan. *Warta LPM*, 146–156.

Tresnawati, D., & Ardiansyah, R. (2025). Rancang Bangun Aplikasi E-learning Berbasis Web Untuk SMK Menggunakan Metode Extreme Programming. *Jurnal Algoritma*, *22*(2), 880–889.

Wargo, J. M. (2020). *Learning progressive Web apps*. Addison-Wesley Professional.