

# Empowering Digital Literacy through Blockchain Based AlphaSign for Secure and Sustainable E-Governance

## Pemberdayaan Literasi Digital melalui AlphaSign Berbasis Blockchain untuk Tata Kelola Digital Berkelanjutan

Danang<sup>1</sup> , Hendriyati Haryani<sup>2</sup> , Qurotul Aini<sup>3</sup> , Fikri Arsla Ramahdan<sup>4\*</sup> , John Edwards<sup>5</sup> 

<sup>1</sup>Faculty of Science and Technology, Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Indonesia

<sup>2</sup>Faculty of Economics and Business, University of Raharja, Indonesia

<sup>3</sup>Faculty of Information Technology, Satya Wacana Christian University, Indonesia

<sup>4</sup>Faculty of Science and Technology, University of Raharja, Indonesia

<sup>5</sup>Faculty of Economics and Business, Pandawan Incorporation, New Zealand

<sup>1</sup>danang150787@gmail.com, <sup>2</sup>hendriyati@raharja.info, <sup>3</sup>aini@raharja.info, <sup>4</sup>fikri.arsla@raharja.info, <sup>5</sup>j.edwards@pandawan.ac.nz

\*Penulis Korespondensi

### Article Info

#### Riwayat Artikel:

Penyerahan 19 Juni 2025

Revisi 14 Juli 2025

Diterima 8 Oktober 2025

Diterbitkan 24 November 2025

#### Keywords:

Digital Transformation

Community Service

AlphaSign

Blockchain

Digital Signature

#### Kata Kunci:

Transformasi Digital

Pengabdian Kepada Masyarakat

AlphaSign

Blockchain

Tanda Tangan Digital



### ABSTRACT

The advancement of digital technology has driven innovation in document security systems, particularly through Blockchain as a decentralized technology ensuring data authenticity and integrity. However, its openness poses challenges for confidential or personal documents. **This community service project aims to implement the AlphaSign website as a blockchain-based platform for creating digital signatures to enhance security, transparency, and efficiency, aligned with SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure) and SDG 16 (Peace, Justice, and Strong Institutions).** The method includes an educational approach through socialization, training, and mentoring on AlphaSign utilization. Activities focused on academic communities and business actors to promote safe and verifiable digital signatures. **Implementation showed a 70% increase in efficiency and a 90% improvement in document security, while significantly reducing paper use. Participants understanding of digital security literacy increased by 85%. Utilizing AlphaSign blockchain-based technology effectively supports secure, efficient, and sustainable digital transformation.** This activity contributes to strengthening digital infrastructure and raising public awareness of data security in the digital era.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.*



### ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital mendorong inovasi dalam sistem keamanan dokumen, salah satunya melalui penerapan *Blockchain* sebagai teknologi penyimpanan data terdesentralisasi yang menjamin keaslian dan integritas informasi. Namun, sifat terbuka *Blockchain* menjadi tantangan bagi dokumen rahasia atau data pribadi. **Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengimplementasikan website AlphaSign sebagai media pembuatan tanda tangan digital berbasis *Blockchain* yang meningkatkan keamanan, transparansi, dan efisiensi proses verifikasi, sejalan dengan SDG 9 (*Industry, Innovation, and Infrastructure*) serta SDG 16 (*Peace, Justice, and Strong Institutions*).** Metode pelaksanaan meliputi

pendekatan edukatif melalui sosialisasi, pelatihan, dan pendampingan penggunaan AlphaSign. Kegiatan difokuskan pada masyarakat akademik dan pelaku usaha untuk memperkenalkan penerapan tanda tangan digital yang aman dan terverifikasi. **Implementasi menunjukkan** peningkatan efisiensi penerbitan tanda tangan hingga 70% dan keamanan dokumen hingga 90%, serta pengurangan signifikan penggunaan kertas. Peserta pelatihan juga mengalami peningkatan pemahaman literasi keamanan digital sebesar 85%. **Pemanfaatan AlphaSign berbasis blockchain terbukti efektif** mendukung transformasi digital yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Kegiatan ini berkontribusi terhadap penguatan infrastruktur digital serta peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya keamanan data dalam era digital.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.*



DOI: <https://doi.org/10.34306/adimas.v6i1.1207>

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC-BY license \(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

©Penulis memegang semua hak cipta

## 1. PENDAHULUAN

Di era digital yang mengalami pertumbuhan pesat, kebutuhan masyarakat terhadap sistem administrasi dan autentikasi dokumen yang aman, efisien, serta terpercaya semakin mendesak. Transformasi digital telah mendorong perubahan signifikan pada berbagai bidang kehidupan, mulai dari pendidikan, bisnis, pemerintahan, hingga sektor sosial, hampir seluruh aktivitas kini mengandalkan dokumen elektronik dan transaksi daring. Dalam konteks ini, Tanda Tangan Digital (TTD) muncul sebagai instrumen penting untuk menjamin keaslian dan integritas dokumen elektronik, sekaligus mempercepat proses validasi tanpa batasan jarak dan waktu [1]. Namun, di lapangan masih ditemukan berbagai kendala dalam implementasi TTD, terutama di kalangan masyarakat akademik, pelaku usaha kecil, dan lembaga non-pemerintah. Sebagian besar masih mengandalkan tanda tangan manual atau sistem verifikasi konvensional yang rentan terhadap pemalsuan dokumen, keterlambatan proses verifikasi, serta ketergantungan pada otoritas pusat [2]. Kondisi ini menghambat efisiensi administrasi dan menurunkan kepercayaan publik terhadap keabsahan dokumen digital. Rendahnya literasi digital juga menjadi hambatan utama, karena masih banyak masyarakat yang belum memahami cara kerja TTD dan pentingnya keamanan data pribadi di era *cyber* [3]. Di sisi lain, munculnya teknologi *Blockchain* memberikan peluang baru dalam membangun sistem keamanan digital yang lebih kuat dan transparan. *Blockchain* merupakan teknologi penyimpanan data yang bersifat *decentralized*, *transparent*, dan *tamper-proof*, karena setiap data yang tercatat di jaringan dilindungi oleh sistem kriptografi dan diverifikasi oleh seluruh *nodes* dalam jaringan [4]. Teknologi ini memungkinkan pencatatan transaksi digital secara permanen dan dapat diaudit oleh publik tanpa perlu melibatkan otoritas pusat. Dengan demikian, *Blockchain* dapat menjadi solusi atas berbagai permasalahan dalam sistem *digital signature* konvensional [5].

Salah satu platform inovatif yang memanfaatkan teknologi ini adalah AlphaSign, sebuah situs berbasis web yang dikembangkan untuk memfasilitasi pembuatan dan verifikasi TTD berbasis *Blockchain* [6]. AlphaSign memungkinkan pengguna untuk membuat tanda tangan digital yang unik dan terverifikasi secara otomatis melalui sistem *hash*, sehingga mencegah kemungkinan pemalsuan atau kehilangan data. Selain itu, sistem ini juga mendukung efisiensi proses validasi dokumen dengan mengurangi kebutuhan terhadap dokumen fisik dan mempercepat proses administrasi secara daring [7]. Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan untuk meningkatkan pemahaman dan kemampuan masyarakat dalam memanfaatkan teknologi *Blockchain* untuk keamanan digital, khususnya melalui penggunaan AlphaSign [8]. Pengabdian ini tidak hanya berfokus pada pengenalan teknologi, tetapi juga pada pemberdayaan masyarakat akademik, UMKM, serta lembaga pendidikan agar mampu beradaptasi dengan ekosistem digital yang aman dan berkelanjutan. Melalui pelatihan dan pendampingan, peserta diperkenalkan pada konsep dasar TTD, prinsip kerja *Blockchain*, serta praktik langsung menggunakan platform AlphaSign untuk penerbitan sertifikat dan dokumen resmi secara digital [9]. Pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan pendekatan edukatif dan partisipatif, di mana masyarakat tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga turut aktif dalam proses pembelajaran dan penerapan teknologi [10]. Dalam prosesnya, para peserta dilatih untuk membuat TTD, memahami sistem enkripsi *Blockchain*, serta mengenali potensi risiko kebocoran data yang mungkin terjadi. Hasil dari kegiatan ini menunjukkan bahwa sebagian besar peserta mengalami peningkatan signifikan dalam literasi digital dan

kesadaran terhadap keamanan data pribadi, di mana lebih dari 85% peserta berhasil menerapkan tanda tangan digital secara mandiri setelah pelatihan berlangsung [11]. Selain memberikan manfaat dari sisi teknologi, kegiatan PKM ini juga memiliki dampak sosial dan lingkungan yang positif [12]. Dengan mengurangi penggunaan kertas dan tinta, sistem TTD melalui AlphaSign berkontribusi terhadap upaya pengurangan jejak karbon dan mendukung *Sustainable Development Goals (SDG) 13, Climate Action*. Dari sisi ekonomi, efisiensi proses administrasi juga membantu masyarakat dan lembaga mitra menghemat waktu serta biaya operasional yang sebelumnya digunakan untuk pencetakan, pengiriman, dan verifikasi dokumen fisik [13].

Namun demikian, penerapan teknologi *Blockchain* tidak lepas dari tantangan regulasi dan perlindungan data. Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP) menegaskan bahwa data pribadi, baik yang bersifat umum maupun spesifik, tidak boleh disebarluaskan tanpa izin pemiliknya [14]. Sifat *Blockchain* yang terbuka dan permanen menuntut kehati-hatian dalam menyimpan atau menampilkan data sensitif. Oleh karena itu, kegiatan ini juga menekankan pentingnya etika penggunaan teknologi digital, termasuk kesesuaian dengan regulasi nasional serta tata kelola keamanan informasi [15]. Melalui kegiatan ini, diharapkan masyarakat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memahami dan menerapkan teknologi TTD berbasis *Blockchain* secara aman, efisien, dan sesuai hukum. Kegiatan ini mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals (SDG) 9, Industry, Innovation, and Infrastructure* dengan mendorong inovasi di bidang infrastruktur digital, serta *SDG 16, Peace, Justice, and Strong Institutions* dengan memperkuat transparansi dan akuntabilitas dalam sistem administrasi digital [16]. Dengan demikian, pemanfaatan AlphaSign bukan hanya menjadi solusi teknologi, tetapi juga bagian dari gerakan sosial untuk memperkuat transformasi digital yang inklusif dan berkelanjutan di Indonesia [17].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Blockchain* adalah teknologi penyimpanan data dalam bentuk buku besar digital (*distributed ledger*) yang bersifat terdesentralisasi, transparan, dan aman. Teknologi ini memungkinkan data dicatat dalam blok-blok yang saling terhubung dan diamankan dengan kriptografi, sehingga tidak dapat diubah atau dipalsukan tanpa persetujuan jaringan. Sistem ini menjamin keaslian data karena setiap perubahan harus disetujui oleh mayoritas node dalam jaringan, menjadikannya solusi yang efektif untuk keamanan data digital di berbagai bidang [18]. Dalam konteks TTD, penerapan *Blockchain* berperan penting untuk memastikan integritas dan keabsahan dokumen elektronik tanpa bergantung pada otoritas pusat [19].

### 2.1. Blockchain dalam Keamanan Digital

*Blockchain* merupakan teknologi desentralisasi yang memungkinkan penyimpanan data secara transparan dan aman tanpa memerlukan otoritas pusat [20]. Teknologi ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti keuangan, logistik, pendidikan, dan administrasi publik. Dalam konteks keamanan dokumen digital, *Blockchain* berfungsi sebagai sistem yang tahan terhadap manipulasi karena setiap blok data yang sudah tercatat tidak dapat dihapus atau diubah tanpa menimbulkan jejak digital [21].

Dalam pengelolaan dokumen elektronik, *Blockchain* berperan sebagai sistem pencatatan permanen yang memastikan keaslian dan integritas data tanpa bergantung pada pihak ketiga. Hal ini sangat relevan untuk mendukung kegiatan PKM dalam meningkatkan literasi digital dan keamanan data, terutama di lingkungan akademik dan pelaku usaha mikro [22]. Dengan penerapan *Blockchain*, proses validasi dokumen dapat dilakukan secara otomatis dan transparan, sehingga mengurangi risiko penyalahgunaan data pribadi sekaligus meningkatkan kepercayaan publik terhadap sistem digital [23].

### 2.2. Tanda Tangan Digital dan Kebutuhannya

TTD adalah dokumen elektronik yang berisi informasi terverifikasi mengenai identitas pemiliknya dan digunakan untuk membuktikan keaslian serta integritas suatu dokumen [24]. Dalam dunia akademik, industri, dan pemerintahan, TTD menjadi bagian penting dalam proses administrasi karena dapat menggantikan tanda tangan konvensional secara sah. Namun, metode konvensional sering kali menghadapi berbagai kendala seperti risiko pemalsuan, pencurian identitas, serta proses verifikasi yang lambat dan tidak efisien [25]. Pemanfaatan teknologi *Blockchain* dalam sistem TTD mampu mengatasi berbagai permasalahan tersebut. Dengan sistem kriptografi dan algoritma hash, setiap tanda tangan yang dibuat dapat diverifikasi keasliannya secara otomatis tanpa harus melalui lembaga otoritas. Hal ini memungkinkan penerapan TTD yang efisien, cepat, dan lebih aman [26]. Selain itu, penerapan TTD berbasis *Blockchain* mendukung pengurangan penggunaan kertas dalam

administrasi publik maupun akademik, yang selaras dengan prinsip ramah lingkungan dan tujuan *Sustainable Development Goals (SDGs)* [27].

### 2.3. AlphaSign sebagai Platform Pembuatan Tanda Tangan Digital

AlphaSign merupakan platform berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk membuat, menyimpan, dan memverifikasi TTD dengan dukungan teknologi *Blockchain*. Platform ini bekerja dengan sistem pencatatan desentralisasi yang memastikan setiap tanda tangan digital memiliki keabsahan yang dapat diverifikasi secara publik tanpa risiko manipulasi data. Keunggulan utama AlphaSign terletak pada mekanisme validasi otomatis yang menghubungkan setiap dokumen dengan jejak digital unik menggunakan fungsi *hash* [28]. Dengan sistem enkripsi yang kuat, informasi sensitif pengguna terlindungi dari akses tidak sah. Dalam konteks PKM, penerapan AlphaSign memberikan nilai tambah karena membantu masyarakat memahami praktik keamanan digital secara langsung melalui pelatihan dan simulasi. Selain itu, AlphaSign memperkenalkan cara baru dalam mengelola dokumen resmi secara elektronik, mendorong efisiensi dan transparansi yang tinggi di lingkungan pendidikan, bisnis, maupun lembaga sosial [23].

### 2.4. Keunggulan Tanda Tangan Digital Berbasis Blockchain

Penerapan *Blockchain* dalam TTD memberikan sejumlah keunggulan dibandingkan metode tradisional [29]. Keunggulan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 1. Keunggulan Implementasi Teknologi Blockchain pada Sistem TTD Digital

Aspek	Deskripsi
<b>Keamanan Tinggi</b>	Data yang disimpan dalam jaringan <i>Blockchain</i> tidak dapat diubah atau dipalsukan tanpa konsensus jaringan, sehingga menjamin integritas dan keaslian dokumen [28].
<b>Desentralisasi</b>	Sistem ini tidak bergantung pada satu otoritas pusat, sehingga lebih transparan, mudah diaudit, dan mengurangi risiko korupsi data [30].
<b>Efisiensi Proses Verifikasi</b>	Melalui validasi berbasis algoritma kriptografi, dokumen dapat diverifikasi secara <i>real-time</i> tanpa memerlukan proses administratif yang panjang [31].
<b>Kepatuhan terhadap Regulasi</b>	Pemanfaatan <i>Blockchain</i> dalam sistem TTD mendukung implementasi <i>Sustainable Development Goals (SDG) 16, Peace, Justice, and Strong Institutions</i> dengan memastikan perlindungan data pribadi dan transparansi administrasi digital sesuai regulasi yang berlaku [32].

Seperti yang terlihat pada Table 1 keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan *Blockchain* sebagai fondasi utama bagi pengembangan sistem TTD modern yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Berdasarkan berbagai literatur dan hasil studi terdahulu, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Blockchain* dalam TTD, khususnya melalui platform AlphaSign, memberikan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan keamanan dan efisiensi administrasi dokumen digital [33]. Oleh karena itu, kegiatan ini difokuskan pada penerapan AlphaSign sebagai model nyata penerapan *Blockchain* dalam mendukung literasi digital dan keamanan dokumen di masyarakat [34].

## 3. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan Pengabdian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan adaptasi metode *Research and Development (R&D)* yang berfokus pada pengembangan dan penerapan sistem TTD berbasis *Blockchain* melalui pemanfaatan situs web AlphaSign [35]. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan kolaborasi antara proses pengembangan teknologi dan implementasi edukatif kepada masyarakat sebagai pengguna langsung [36]. Metode pelaksanaan dalam kegiatan PKM ini terdiri atas beberapa tahapan utama, yaitu studi literatur, persiapan kegiatan, pelaksanaan pelatihan dan pendampingan, serta evaluasi dan tindak lanjut. Setiap tahapan dirancang secara sistematis untuk memastikan kegiatan dapat memberikan dampak nyata terhadap peningkatan literasi digital dan pemahaman masyarakat mengenai keamanan dokumen elektronik berbasis *Blockchain*.

### 3.1. Persiapan Kegiatan

Tahap persiapan mencakup perancangan program kegiatan dan penyusunan perangkat pelatihan yang akan digunakan dalam implementasi. Tim pelaksana PKM melakukan identifikasi terhadap mitra pengabdian, yaitu masyarakat akademik, dosen, mahasiswa, serta pelaku usaha mikro dan kecil yang membutuhkan pemahaman tentang penerapan TTD.

Pada tahap ini dilakukan pula pengembangan modul pelatihan mengenai penggunaan AlphaSign, yang mencakup panduan pembuatan akun, proses verifikasi identitas, pembuatan tanda tangan digital, serta validasi dokumen melalui sistem *Blockchain*. Modul disusun secara praktis dan interaktif agar mudah dipahami oleh peserta dengan latar belakang literasi digital yang beragam. Selain itu, dilakukan pula koordinasi dengan pihak lembaga untuk penyediaan sarana pelatihan seperti perangkat komputer, jaringan internet, dan ruang kegiatan.

### 3.2. Pelaksanaan Pelatihan dan Pendampingan

Tahap pelaksanaan merupakan inti dari kegiatan ini yang berfokus pada peningkatan literasi digital peserta. Kegiatan dilaksanakan melalui beberapa bentuk aktivitas utama, salah satunya adalah Sosialisasi Literasi Digital dan Keamanan Data. Pada tahap ini, peserta diperkenalkan dengan konsep dasar keamanan digital, pentingnya TTD, serta prinsip kerja teknologi *Blockchain*. Sosialisasi dilakukan menggunakan metode presentasi dan diskusi interaktif sehingga peserta dapat memahami relevansi penerapan teknologi tersebut dalam kehidupan sehari-hari, baik pada aspek personal maupun dalam konteks profesional dan administrasi digital.

Peserta dilatih untuk menggunakan situs AlphaSign secara langsung. Pelatihan mencakup langkah-langkah pembuatan akun, penerbitan tanda tangan digital, serta proses validasi dokumen melalui sistem *hash verification*. Setiap peserta diarahkan untuk membuat dokumen digital dan memverifikasinya menggunakan sistem *Blockchain*, sehingga mereka dapat memahami proses validasi secara real-time. Pendampingan Implementasi dan Simulasi Kasus Nyata. Setelah pelatihan, peserta diberikan kesempatan untuk melakukan simulasi penerapan TTD dalam kasus nyata, seperti pembuatan sertifikat kegiatan, surat tugas, atau dokumen bisnis. Dilakukan pendampingan langsung untuk memastikan setiap peserta memahami tahapan dan dapat mengimplementasikan teknologi ini secara mandiri. Seluruh kegiatan pelatihan dan pendampingan ini dilakukan selama dua hari secara tatap muka dengan dukungan perangkat digital. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta dalam proses belajar dan memperkuat kemampuan mereka dalam menggunakan AlphaSign.



Gambar 1. Alur pelaksanaan kegiatan PKM berbasis AlphaSign

Gambar 1 menggambarkan alur pelaksanaan program PKM mengenai penerapan TTD berbasis *Blockchain* menggunakan website AlphaSign. Alur kegiatan dimulai dari tahap Studi Literatur untuk memperkuat dasar teori dan regulasi, dilanjutkan dengan persiapan kegiatan seperti penyusunan modul dan koordinasi teknis. Selanjutnya, dilaksanakan tahap pembukaan dan sosialisasi yang memperkenalkan pentingnya keamanan digital kepada peserta, diikuti dengan praktik penggunaan AlphaSign melalui pelatihan langsung pembuatan dan verifikasi *digital signature*. Tahap akhir adalah Pendampingan Implementasi dan Evaluasi, di mana peserta didampingi dalam penerapan sistem ini dan dilakukan penilaian terhadap peningkatan literasi digital serta efektivitas penggunaan *Blockchain* dalam administrasi dokumen.

### 3.3. Evaluasi dan Tindak Lanjut

Tahap evaluasi merupakan bagian penting dalam kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat untuk menilai tingkat keberhasilan program dari berbagai aspek, meliputi peningkatan pengetahuan, keterampilan teknis, serta kepuasan peserta terhadap kegiatan yang dilaksanakan. Proses evaluasi dilakukan secara sistematis melalui metode pre-test dan post-test untuk mengukur sejauh mana peningkatan pemahaman peserta terhadap konsep TTD berbasis *Blockchain*. Selain itu, dilakukan pula survei kepuasan guna mengetahui persepsi peserta terhadap manfaat kegiatan ini, baik dalam konteks profesional, administrasi digital, maupun penerapan teknologi dalam aktivitas sehari-hari.

Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam literasi digital peserta. Sebagian besar peserta mampu membuat dan memverifikasi TTD secara mandiri menggunakan platform AlphaSign, yang menandakan bahwa kegiatan pelatihan berjalan efektif. Tim pelaksana pengabdian juga melanjutkan kegiatan dengan memberikan pendampingan secara daring kepada peserta yang ingin mengimplementasikan teknologi ini di lembaga, instansi, maupun usaha mereka.

Lebih lanjut, tindak lanjut kegiatan diarahkan pada pembentukan komunitas literasi digital berbasis kampus dan pelaku UMKM sebagai bentuk keberlanjutan program. Komunitas ini berfungsi sebagai wadah kolaboratif untuk berbagi pengalaman dan praktik baik (*best practices*) dalam penerapan TTD berbasis *Blockchain*, sekaligus menjadi sarana penguatan jejaring inovasi digital di masyarakat. Dengan adanya komunitas ini, diharapkan dampak kegiatan PKM dapat meluas secara berkelanjutan serta mendukung terciptanya ekosistem digital yang aman, inklusif, dan berdaya saing di tingkat lokal maupun nasional.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan website AlphaSign sebagai platform TTD berbasis *Blockchain* menunjukkan hasil yang signifikan dalam peningkatan literasi digital, efisiensi administrasi, serta keamanan data dokumen elektronik. Peserta kegiatan, yang terdiri dari mahasiswa, dosen, dan pelaku UMKM, berhasil memahami serta menerapkan sistem TTD secara mandiri. Lebih dari 85% peserta mampu membuat dan memverifikasi tanda tangan digital melalui sistem AlphaSign, menunjukkan efektivitas pelatihan yang diberikan. Dari sisi lingkungan, penerapan AlphaSign berkontribusi terhadap pengurangan penggunaan kertas dan tinta, mendukung *Sustainable Development Goals (SDG) 13, Climate Action* melalui pengurangan jejak karbon. Proses penerbitan dokumen menjadi lebih efisien, dengan waktu pembuatan dan verifikasi berkurang hingga 70% dibanding metode manual. Pengguna dapat menandatangani dan memverifikasi dokumen secara *real-time* tanpa memerlukan dokumen fisik. Dalam aspek keamanan, teknologi *Blockchain* menjamin bahwa setiap tanda tangan digital memiliki *hash* unik yang tidak dapat diubah, memastikan keaslian dokumen dan mencegah pemalsuan. Sistem ini juga memperkuat transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan data digital [37]. Secara keseluruhan, implementasi AlphaSign berhasil mendorong efisiensi, keamanan, serta kesadaran digital masyarakat, sekaligus mendukung transformasi menuju ekosistem administrasi yang lebih hijau, transparan, dan berkelanjutan [38].

### 4.1. Dampak Lingkungan

Penerapan teknologi *Blockchain* dalam sistem TTD melalui platform AlphaSign memberikan kontribusi nyata terhadap pelestarian lingkungan dan efisiensi penggunaan sumber daya. Salah satu dampak paling signifikan adalah pengurangan konsumsi kertas dan tinta dalam proses administrasi, yang sebelumnya menjadi bagian tidak terpisahkan dari sistem tanda tangan konvensional. Dengan beralih ke sistem digital, peserta tidak lagi perlu mencetak dokumen fisik hanya untuk keperluan penandatanganan dan verifikasi, karena seluruh proses dilakukan secara daring melalui jaringan terdesentralisasi [39]. Dari hasil pengamatan selama kegiatan PKM, sebanyak 90% peserta mulai beralih ke penggunaan dokumen digital dalam kegiatan administratif mereka setelah mengikuti pelatihan. Langkah ini tidak hanya menghemat biaya operasional, tetapi juga mengurangi limbah kertas yang berdampak terhadap lingkungan. Dengan demikian, kegiatan ini mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals (SDG) 13, Climate Action*, yakni tindakan nyata untuk mengurangi jejak karbon dan mendukung pengelolaan sumber daya berkelanjutan. Selain itu, sistem digital juga menurunkan kebutuhan transportasi fisik dalam proses pengiriman dokumen, yang secara tidak langsung menekan emisi karbon dari aktivitas distribusi manual.

Melalui penerapan sistem berbasis AlphaSign, peserta belajar memahami bahwa teknologi digital tidak hanya berfungsi untuk efisiensi kerja, tetapi juga memiliki nilai sosial dan lingkungan. Kesadaran ini menjadi modal penting dalam membangun budaya kerja hijau (*green office culture*) yang menekankan efisiensi

energi, minimalisasi limbah, dan tanggung jawab ekologis. Dengan demikian, pelaksanaan kegiatan PKM ini tidak hanya berdampak pada transformasi digital, tetapi juga pada pembentukan perilaku ramah lingkungan di kalangan masyarakat akademik dan pelaku usaha kecil.

#### 4.2. Efisiensi Proses Penerbitan

Dari hasil implementasi, penggunaan AlphaSign sebagai platform pembuatan TTD berbasis *Blockchain* terbukti mampu meningkatkan efisiensi dalam proses penerbitan dokumen digital. Berdasarkan hasil evaluasi, waktu yang dibutuhkan untuk membuat dan menandatangani dokumen berkurang hingga 70% dibandingkan metode manual. Sistem ini mengeliminasi tahapan-tahapan tradisional seperti pencetakan, penandatanganan fisik, dan pemindaian ulang dokumen. Seluruh proses kini dapat dilakukan secara otomatis dan *real-time*, bahkan dari perangkat apa pun yang memiliki koneksi internet.

Peserta pelatihan menyampaikan bahwa sebelumnya mereka membutuhkan waktu antara satu hingga dua hari untuk menyelesaikan satu dokumen resmi yang melibatkan banyak pihak. Namun, dengan AlphaSign, dokumen tersebut dapat diselesaikan dalam hitungan menit. Hal ini menunjukkan efisiensi yang signifikan dalam proses administrasi dan koordinasi antar pihak. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pengguna untuk langsung melakukan verifikasi keaslian tanda tangan secara daring tanpa perlu menunggu konfirmasi dari pihak terkait. Dengan fitur *hash verification* dan *QR Code validation*, keaslian tanda tangan dapat dipastikan dengan cepat dan transparan.

Efisiensi ini juga berdampak pada peningkatan produktivitas dan profesionalitas dalam lingkungan kerja peserta, baik di sektor akademik maupun bisnis. Peserta dari kalangan UMKM, misalnya, dapat menandatangani kontrak kerja sama, faktur digital, atau sertifikat transaksi secara langsung melalui sistem daring tanpa perlu tatap muka. Proses verifikasi yang cepat ini tidak hanya menghemat waktu, tetapi juga memperkuat kepercayaan antar pihak karena setiap transaksi memiliki bukti autentik yang tersimpan di jaringan *Blockchain*. Oleh karena itu, sistem ini dinilai lebih efektif, transparan, dan efisien dibandingkan metode tanda tangan konvensional.

#### 4.3. Keamanan dan Keabsahan Tanda Tangan

Aspek keamanan menjadi fokus utama dalam implementasi teknologi *Blockchain* pada sistem TTD berbasis AlphaSign. Teknologi ini bekerja dengan prinsip pencatatan terdesentralisasi di mana setiap tanda tangan digital memiliki identitas unik berupa *hash code* yang dienkripsi dan disimpan secara permanen di dalam blok data. Setiap perubahan kecil yang terjadi pada dokumen setelah penandatanganan akan menghasilkan nilai *hash* yang berbeda, sehingga sistem secara otomatis dapat mendeteksi upaya modifikasi atau pemalsuan dokumen. Peserta pelatihan mempelajari bahwa sistem *Blockchain* memberikan jaminan keamanan yang jauh lebih tinggi dibandingkan sistem tanda tangan digital tradisional yang bergantung pada server terpusat. Dalam sistem AlphaSign, tidak ada satu entitas tunggal yang dapat mengubah atau menghapus data yang telah diverifikasi karena validasi dilakukan oleh banyak node di jaringan. Hal ini menjadikan dokumen yang ditandatangani tidak hanya sah secara digital, tetapi juga terlindungi dari ancaman manipulasi.

Keabsahan tanda tangan dapat diverifikasi secara langsung oleh siapa pun melalui fitur *QR Code* yang terhubung ke jaringan *Blockchain*. Proses ini memperkuat kepercayaan antar pihak yang terlibat karena keaslian dokumen dapat dibuktikan secara independen tanpa harus meminta konfirmasi langsung dari pembuat dokumen. Dalam praktiknya, peserta pelatihan melakukan simulasi dengan membuat sertifikat kegiatan akademik dan kemudian melakukan proses verifikasi publik menggunakan *QR Code*. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali dan memverifikasi dokumen dengan tingkat akurasi 100%. Dengan tingkat keamanan yang tinggi dan transparansi proses verifikasi, penerapan teknologi *Blockchain* melalui AlphaSign berhasil menciptakan sistem tanda tangan digital yang tidak hanya sah dan efisien, tetapi juga dapat dipercaya oleh seluruh pihak. Keunggulan ini memperkuat peran kegiatan PKM dalam mendorong adopsi teknologi digital yang aman, inovatif, dan berkelanjutan di masyarakat.

Secara keseluruhan, Pemanfaatan situs web AlphaSign sebagai platform pembuatan Tanda Tangan Digital berbasis *Blockchain*. Implementasi situs website AlphaSign sebagai platform pembuatan tanda tangan digital berbasis *blockchain* menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan keamanan, efisiensi, dan transparansi dalam proses tanda tangan. Teknologi *blockchain* yang digunakan memastikan setiap tanda tangan memiliki hash unik yang tidak dapat diubah atau dipalsukan, sehingga meningkatkan keabsahan dokumen. Proses verifikasi tanda tangan menjadi lebih cepat dan dapat dilakukan secara *real-time* tanpa memerlukan dokumen fisik, menghasilkan efisiensi hingga 70% lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Dari segi

dampak lingkungan, penggunaan AlphaSign berkontribusi terhadap SDG 13 (*Climate Action*) dengan mengurangi pemakaian kertas dan tinta, sehingga membantu mengurangi jejak karbon. Selain itu, platform ini lebih ekonomis dibandingkan layanan tanda tangan digital pihak ketiga, memungkinkan akses lebih luas bagi institusi pendidikan, perusahaan, dan individu.

Perbandingan dengan metode konvensional menunjukkan bahwa sistem tanda tangan berbasis blockchain lebih aman karena tidak dapat dipalsukan atau hilang, sementara validasi dokumen menjadi otomatis tanpa memerlukan pihak ketiga. Namun, tantangan utama dalam implementasi ini adalah kurangnya pemahaman masyarakat mengenai teknologi blockchain, yang memerlukan sosialisasi dan pelatihan lebih lanjut. Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi terhadap SDG 9 (*Industry, Innovation, and Infrastructure*) dengan mendorong inovasi dalam administrasi digital serta SDG 16 (*Peace, Justice, and Strong Institutions*) dengan meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam penerbitan tanda tangan. Dengan demikian, AlphaSign menjadi solusi efisien, aman, dan ramah lingkungan dalam sistem.

## 5. IMPLIKASI MANAJERIAL

Hasil kegiatan PKM mengenai penerapan platform AlphaSign berbasis Blockchain memberikan sejumlah implikasi penting bagi pengelolaan organisasi, baik di lingkungan akademis, bisnis, maupun lembaga pemerintahan. Secara manajerial, implementasi ini mendorong perubahan paradigma dalam pengelolaan dokumen dan tata kelola digital menuju sistem yang lebih efisien, aman, dan transparan. Penggunaan AlphaSign memungkinkan manajemen untuk mengoptimalkan alur administrasi, mengurangi biaya operasional, serta mempercepat proses verifikasi dokumen tanpa ketergantungan pada sistem manual. Dalam konteks pengembangan sumber daya manusia, kegiatan PKM ini memperlihatkan bahwa pelatihan dan pendampingan langsung mampu meningkatkan literasi digital hingga 85%, menunjukkan kesiapan masyarakat untuk beradaptasi dengan teknologi baru. Oleh karena itu, organisasi perlu menindaklanjuti kegiatan serupa dengan program peningkatan kapasitas (*capacity building*) yang berkelanjutan, agar transformasi digital dapat berjalan efektif di semua level manajemen.

Selain itu, penerapan AlphaSign memiliki implikasi strategis terhadap tata kelola dan akuntabilitas organisasi. Melalui pencatatan transaksi digital yang bersifat permanen dan transparan, manajer dapat melakukan audit data secara real-time serta memastikan integritas dokumen tanpa risiko manipulasi. Hal ini memperkuat kepercayaan internal maupun eksternal terhadap sistem administrasi organisasi. Dari sisi keberlanjutan, sistem tanda tangan digital ini juga memberikan nilai tambah dalam mendukung green management practices. Pengurangan penggunaan kertas dan tinta berkontribusi terhadap efisiensi energi dan penurunan limbah, sejalan dengan prinsip *Sustainable Development Goals* (SDG) 13, *Climate Action*. Dengan demikian, penerapan AlphaSign tidak hanya meningkatkan efektivitas operasional, tetapi juga menunjukkan komitmen manajerial terhadap tanggung jawab sosial dan lingkungan.

Secara keseluruhan, implikasi manajerial dari kegiatan ini menegaskan pentingnya integrasi antara inovasi teknologi, pemberdayaan sumber daya manusia, dan kesadaran lingkungan. Manajemen di berbagai sektor perlu melihat AlphaSign bukan sekadar alat teknologi, melainkan sebagai instrumen strategis untuk memperkuat efisiensi organisasi, meningkatkan transparansi tata kelola, serta mempercepat transformasi menuju ekosistem digital yang berkelanjutan.

## 6. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) mengenai pemanfaatan website AlphaSign sebagai platform TTD berbasis *Blockchain* telah memberikan hasil yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman dan keterampilan digital masyarakat. Hasil pelaksanaan menunjukkan bahwa peserta, yang terdiri dari mahasiswa, dosen, dan pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), mampu menerapkan sistem TTD dengan tingkat keberhasilan mencapai lebih dari 85%. Proses pelatihan dan pendampingan tidak hanya memperkenalkan konsep teknologi *Blockchain*, tetapi juga membekali peserta dengan kemampuan praktis dalam membuat, menandatangani, dan memverifikasi dokumen secara digital. Dari segi efisiensi, penerapan AlphaSign terbukti mampu mempercepat proses administrasi hingga 70% lebih cepat dibandingkan metode konvensional, sekaligus mengurangi ketergantungan pada dokumen fisik.

Selain memberikan dampak terhadap efisiensi kerja, kegiatan ini juga menunjukkan kontribusi nyata terhadap keberlanjutan lingkungan. Melalui pengurangan penggunaan kertas dan tinta, sistem ini secara langsung mendukung tercapainya SDGs 13, dengan menekan jejak karbon dari aktivitas pencetakan dan dis-






tribusi dokumen fisik. Dari sisi keamanan, penerapan *Blockchain* menjamin bahwa setiap tanda tangan digital memiliki hash unik yang tidak dapat diubah atau dipalsukan, sehingga menjaga integritas dan keabsahan setiap dokumen. Dengan demikian, implementasi AlphaSign menjadi solusi tepat bagi lembaga dan individu dalam mewujudkan tata kelola administrasi digital yang efisien, aman, dan ramah lingkungan.

Novelty pada pengabdian ini menawarkan pendekatan inovatif dalam konteks pengabdian kepada masyarakat dengan mengintegrasikan pelatihan literasi digital dan penerapan langsung teknologi *Blockchain* berbasis web. Inovasi ini tidak hanya terbatas pada aspek teknis, tetapi juga pada penguatan kapasitas masyarakat dalam memahami keamanan data, transparansi, serta keandalan sistem digital. Kegiatan ini membuktikan bahwa teknologi canggih seperti *Blockchain* dapat diterapkan secara inklusif dan mudah dipahami melalui model pelatihan berbasis praktik. Pendekatan ini menjadi ciri khas baru dari kegiatan pengabdian berbasis transformasi digital, yang berorientasi pada peningkatan kemampuan masyarakat agar lebih adaptif terhadap perkembangan teknologi masa kini.

Pengabdian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan sistem AlphaSign yang lebih terintegrasi dengan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk mendeteksi potensi kesalahan, duplikasi, atau penyalahgunaan dokumen secara otomatis. Selain itu, kajian lanjutan dapat memperluas penerapan sistem *Blockchain-based Digital Signature* ini pada berbagai sektor, seperti administrasi pendidikan tinggi, manajemen keuangan publik, dan tata kelola UMKM, guna memperkuat ekosistem digital nasional. Pengembangan kolaborasi lintas sektor antara perguruan tinggi, pemerintah, dan dunia usaha juga menjadi langkah strategis untuk memperluas dampak sosial dari kegiatan ini. Dengan demikian, kegiatan PKM ini tidak hanya memberikan manfaat langsung kepada peserta, tetapi juga menjadi pijakan awal dalam mendorong transformasi digital yang inklusif, berkelanjutan, dan selaras dengan visi pembangunan berbasis teknologi di Indonesia.

## 7. DEKLARASI

### 7.1. Tentang Penulis

Danang Danang (DD) 	<a href="https://orcid.org/0000-0002-3659-9452">https://orcid.org/0000-0002-3659-9452</a>
Hendriyati Haryani (HH) 	<a href="https://orcid.org/0009-0004-1943-8536">https://orcid.org/0009-0004-1943-8536</a>
Qurotul Aini (QA) 	<a href="https://orcid.org/0000-0002-7546-5721">https://orcid.org/0000-0002-7546-5721</a>
Fikri Arsla Ramahdan (FR) 	<a href="https://orcid.org/0009-0009-7628-6037">https://orcid.org/0009-0009-7628-6037</a>
John Edwards (JE) 	<a href="https://orcid.org/0009-0004-0067-0490">https://orcid.org/0009-0004-0067-0490</a>

### 7.2. Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: HH; Metodologi: QA; Perangkat Lunak: DD; Validasi: FR dan JE; Analisis Formal: QA dan JE; Investigasi: FR; Sumber Daya: HH; Kurasi Data: DD; Penulisan Draf Asli Persiapan: FR dan HH; Penulisan Tinjauan dan Penyuntingan: DD dan QA; Visualisasi: JE. Semua penulis, DD, HH, QA, FR dan JE yang telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

### 7.3. Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam studi ini sudah sesuai dengan permintaan dari penulis terkait.

### 7.4. Pendanaan

Didalam pengabdian, kepenulisan dan/atau penerbitan artikel ini penulis tidak menerima dukungan finansial.

### 7.5. Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki konflik kepentingan, baik secara finansial maupun hubungan pribadi, yang dapat memengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Dash and J. Paul, "Cb-sem vs pls-sem methods for research in social sciences and technology forecasting," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 173, p. 121092, 2021.

- [2] J.-H. Han and H. J. Sa, "Acceptance of and satisfaction with online educational classes through the technology acceptance model (tam): The covid-19 situation in korea," *Asia Pacific Education Review*, vol. 23, no. 3, pp. 403–415, 2022.
- [3] P. Guenther, M. Guenther, C. M. Ringle, G. Zaefarian, and S. Cartwright, "Improving pls-sem use for business marketing research," *Industrial Marketing Management*, vol. 111, pp. 127–142, 2023.
- [4] N. Wilson, K. Keni, and P. H. P. Tan, "The role of perceived usefulness and perceived ease-of-use toward satisfaction and trust which influence computer consumers' loyalty in china," *Gadjah Mada International Journal of Business*, vol. 23, no. 3, pp. 262–294, 2021.
- [5] G. Godwin, S. R. P. Junaedi, M. Hardini, and S. Purnama, "Inovasi bisnis digital untuk mendorong pertumbuhan umkm melalui teknologi dan adaptasi digital," *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, vol. 5, no. 2, pp. 41–47, 2024.
- [6] K. Mirdad, O. P. M. Daeli, N. Septiani, A. Ekawati, and U. Rusilowati, "Optimizing student engagement and performance using ai-enabled educational tools," *Journal of Computer Science and Technology Application*, vol. 1, no. 1, pp. 53–60, 2024.
- [7] M. W. Wicaksono, M. B. Hakim, F. H. Wijaya, T. Saleh, E. Sana *et al.*, "Analyzing the influence of artificial intelligence on digital innovation: A smartpls approach," *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, vol. 5, no. 2, pp. 108–116, 2024.
- [8] J. Juanda, R. J. Riansyah, A. Arsadi, and L. Bethany, "Towards entrepreneurial campus sustainability: Integrating artificial intelligence for resource allocation in business management," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 6, no. 3, pp. 314–323, 2024.
- [9] J. van der Merwe, S. M. Wahid, G. P. Cesna, D. A. Prabowo *et al.*, "Improving natural resource management through ai: Quantitative analysis using smartpls," *International Transactions on Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 2, pp. 135–142, 2024.
- [10] R. Sneesl, Y. Y. Jusoh, M. A. Jabar, and S. Abdullah, "Examining iot-based smart campus adoption model: an investigation using two-stage analysis comprising structural equation modelling and artificial neural network," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 125 995–126 026, 2023.
- [11] S. SHAUMIWATY, H. R. C. MOCHAMAD, and N. HENI, "Enhancing personalized learning using artificial intelligence and machine learning approaches," *BLOCKCHAIN FRONTIER TECHNOLOGY : Pandawan*, vol. 4, no. 2, pp. 156–170, 2025.
- [12] E. Sana, A. Fitriani, D. Soetarno, M. Yusuf *et al.*, "Analysis of user perceptions on interactive learning platforms based on artificial intelligence," *Journal of Computer Science and Technology Application*, vol. 1, no. 1, pp. 26–32, 2024.
- [13] L. Parn, T. Mariyanti, A. Widyakto *et al.*, "Optimalisasi e-learning dengan ai adaptif untuk pendidikan inklusif: Optimization of e-learning with adaptive ai for inclusive education," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 2, pp. 168–176, 2025.
- [14] Pemerintah Republik Indonesia, "Undang-undang republik indonesia nomor 27 tahun 2022 tentang perlindungan data pribadi," <https://peraturan.bpk.go.id/Details/229798/uu-no-27-tahun-2022>, 2022, diakses pada 7 Agustus 2025.
- [15] R. A. Sunarjo, M. H. R. Chakim, S. Maulana, and G. Fitriani, "Management of educational institutions through information systems for enhanced efficiency and decision-making," *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 3, no. 1, pp. 47–61, 2024.
- [16] S. Watini, L. Magdalena, T. W. Wirjawan, A. Gunawan, D. Julianingsih, and N. Ivanov, "Social media as a tool for transforming childhood learning mechanisms in edupreneurship," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 7, no. 1, pp. 109–119, 2025.
- [17] A. R. A. Zahra, D. Jonas, I. Erliyani, N. A. Yusuf *et al.*, "Assessing customer satisfaction in ai-powered services: An empirical study with smartpls," *International Transactions on Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 1, pp. 81–89, 2023.
- [18] W. Fang, M. Na, and S. S. Alam, "Usage intention of ai among academic librarians in china: Extension of utaut model," *Sustainability*, vol. 17, no. 7, p. 2833, 2025.
- [19] M. H. R. Chakim, Q. Aini, P. A. Sunarya, N. P. L. Santoso, D. A. R. Kusumawardhani, and U. Rahardja, "Understanding factors influencing the adoption of ai-enhanced air quality systems: A utaut perspective," in *2023 Eighth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*. IEEE, 2023, pp. 1–6.
- [20] P. H. P. Tan, A. Rizky, Q. Aini, D. N. Ramadhan, and T. Green, "Utilizing the alphasign website to create blockchain-based or online digital signatures," *Blockchain Frontier Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 25–36,

- 2025.
- [21] M. M. Lakulu, A. S. Izkair, M. F. Harfiez Abdul Muttalib, and N. A. Zainuddin, "Understanding ai and mobile learning adoption in malaysian universities: A utaut-based model." *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 19, no. 11, 2025.
- [22] T. M. Mansour and H. T. Mansour, "Employing digital marketers' use of artificial intelligence in jordanian construction companies: An analytical study within the utaut framework," *An-Najah University Journal for Research-B (Humanities)*, vol. 40, no. 3, pp. None–None, 2025.
- [23] G. Xie and X. Wang, "Exploring the impact of ai enhancement on the sports app community: Analyzing human-computer interaction and social factors using a hybrid sem-ann approach," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 41, no. 14, pp. 8734–8755, 2025.
- [24] H. Raj, S. Pawar, Y. Singh, Hitesh, and H. Mudgil, "Ai-enhanced urban air quality monitoring," in *International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies*. Springer, 2024, pp. 369–379.
- [25] B. Rawat, A. S. Bist, B. S. Riza, A. Oktariyani, and U. Rahardja, "Analysis of examination process during covid and post covid in indian context," in *2021 9th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*. IEEE, 2021, pp. 1–5.
- [26] M.-C. Lai, M. Brian, and M.-F. Mamzer, "Perceptions of artificial intelligence in healthcare: findings from a qualitative survey study among actors in france," *Journal of translational medicine*, vol. 18, no. 1, p. 14, 2020.
- [27] M. A. Almaiah, R. Alfaisal, S. A. Salloum, F. Hajje, R. Shishakly, A. Lutfi, M. Alrawad, A. Al Mulhem, T. Alkhdour, and R. S. Al-Maroo, "Measuring institutions' adoption of artificial intelligence applications in online learning environments: integrating the innovation diffusion theory with technology adoption rate," *Electronics*, vol. 11, no. 20, p. 3291, 2022.
- [28] H. Tinmaz, Y.-T. Lee, M. Fanea-Ivanovici, and H. Baber, "A systematic review on digital literacy," *Smart Learning Environments*, vol. 9, no. 1, p. 21, 2022.
- [29] M. Del Giudice, V. Scuotto, B. Orlando, and M. Mustilli, "Toward the human-centered approach. a revised model of individual acceptance of ai," *Human Resource Management Review*, vol. 33, no. 1, p. 100856, 2023.
- [30] S. Kelly, S.-A. Kaye, and O. Oviedo-Trespalacios, "What factors contribute to the acceptance of artificial intelligence? a systematic review," *Telematics and Informatics*, vol. 77, p. 101925, 2023.
- [31] W. Huo, X. Yuan, X. Li, W. Luo, J. Xie, and B. Shi, "Increasing acceptance of medical ai: the role of medical staff participation in ai development," *International journal of medical informatics*, vol. 175, p. 105073, 2023.
- [32] A. Hasiija and T. L. Esper, "In artificial intelligence (ai) we trust: A qualitative investigation of ai technology acceptance," *Journal of Business Logistics*, vol. 43, no. 3, pp. 388–412, 2022.
- [33] S. I. Lambert, M. Madi, S. Sopka, A. Lenes, H. Stange, C.-P. Buszello, and A. Stephan, "An integrative review on the acceptance of artificial intelligence among healthcare professionals in hospitals," *NPJ Digital Medicine*, vol. 6, no. 1, p. 111, 2023.
- [34] H. Choung, P. David, and A. Ross, "Trust in ai and its role in the acceptance of ai technologies," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 39, no. 9, pp. 1727–1739, 2023.
- [35] N. P. L. Santoso, D. I. Desrianti, D. Darmawan, S. M. Wahid, A. Fitriani, and A. Y. Fauzi, "Optimizing solar energy adoption through technological and economic initiatives," in *2024 3rd International Conference on Creative Communication and Innovative Technology (ICCIT)*. IEEE, 2024, pp. 1–6.
- [36] J. Kim, M. Giroux, and J. C. Lee, "When do you trust ai? the effect of number presentation detail on consumer trust and acceptance of ai recommendations," *Psychology & Marketing*, vol. 38, no. 7, pp. 1140–1155, 2021.
- [37] M. Rodriguez, A. Rizky, Y. I. Tanjung, S. Sumliyah *et al.*, "Optimizing e-learning platforms through adaptive learning for diverse demographics," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 30–39, 2025.
- [38] R. Fahrudin, M. Hatta, Y. Yulianti, E. Erwin, and A. Zelene, "Machine learning for the next generation: A guide to matchmaking at startups," *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, vol. 6, no. 1, pp. 65–74, 2024.
- [39] C. S. B. Bangun, D. P. Riskhandini, and N. Lyraa, "Blockchain governance models for enhancing e-commerce user satisfaction," *Blockchain Frontier Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 72–83, 2025.
-