

PENGEMBANGAN MODEL ADOPSI AI UMKM PEDESAAN MENGGUNAKAN METODE TECHNOLOGY-ORGANIZATION-ENVIRONMENT

Desy Candra Novitasari ^{1,2}, Imam Riadi ³, Herman ⁴

^{1,4} Program Studi Informatika, Universitas Ahmad Dahlan

² Program Studi Bisnis Digital, Universitas Kepanjen

Jl. Trunojoyo, Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia

³ Program Studi Sistem Informasi, Universitas Ahmad Dahlan

Jl. Ringroad Selatan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta, Indonesia

2536083031@webmail.uad.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan Artificial Intelligence (AI), khususnya Large Language Models (LLM), telah mentransformasi lanskap bisnis global, namun tingkat adopsinya pada UMKM pedesaan masih sangat terbatas. Kesenjangan ini disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital, serta minimnya dukungan ekosistem yang spesifik sesuai konteks pedesaan. Penelitian ini berfokus pada adopsi AI/LLM dalam konteks pemasaran digital dan layanan pelanggan, dengan contoh use case seperti pembuatan konten promosi otomatis, chatbot untuk menjawab pertanyaan pelanggan, serta analisis sentimen terhadap ulasan produk. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model konseptual adopsi AI pada UMKM pedesaan dengan menggunakan kerangka Technology-Organization-Environment (TOE) sebagai landasan analisis. Metode yang digunakan adalah systematic literature review terhadap artikel-artikel terkait adopsi AI, penerapan TOE framework, serta karakteristik UMKM pedesaan yang dipublikasikan pada periode 2022–2026. Hasil review mengidentifikasi bahwa faktor-faktor dalam dimensi teknologi meliputi relative advantage, compatibility, complexity, LLM capability, dan cost efficiency; dimensi organisasi meliputi digital literacy, leadership support, dan resource readiness; serta dimensi lingkungan meliputi competitive pressure, government support, dan digital ecosystem support. Penelitian ini juga menemukan bahwa dalam konteks pedesaan, faktor digital ecosystem support berperan sebagai prasyarat utama, cost efficiency harus dipahami berdasarkan total cost of ownership, serta digital literacy memoderasi hubungan antara dukungan kepemimpinan dan adopsi AI.

Kata kunci : *Adopsi AI, UMKM Pedesaan, TOE Framework, Literature Review, Transformasi Digital*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Artificial Intelligence (AI) telah menjadi pendorong utama transformasi digital yang mengubah cara organisasi beroperasi dan berinteraksi dengan lingkungannya. AI tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mendorong inovasi dalam pengambilan keputusan berbasis data dan strategi bisnis yang lebih adaptif. Dalam konteks UMKM pedesaan, adopsi AI/LLM difokuskan pada tiga area utama: (1) pemasaran digital (pembuatan konten promosi, personalisasi iklan), (2) layanan pelanggan (chatbot 24/7 untuk menjawab pertanyaan umum), dan (3) efisiensi operasional (otomatisasi pencatatan stok dan analisis sederhana terhadap perilaku pelanggan). Sebagai contoh konkret, seorang pemilik UMKM makanan ringan di pedesaan dapat menggunakan LLM untuk menghasilkan deskripsi produk yang menarik di media sosial sekaligus menjawab pertanyaan pelanggan secara otomatis melalui chatbot yang terintegrasi dengan platform pesan instan. [1], [2]. Selain itu, perkembangan large language models (LLMs) memungkinkan sistem untuk memahami dan menghasilkan bahasa manusia secara kontekstual, sehingga memperluas penerapan AI dalam berbagai aktivitas bisnis [3]. Dengan kemampuan tersebut, AI menjadi teknologi strategis yang berpotensi menciptakan keunggulan kompetitif bagi organisasi di era digital. Namun, transformasi

digital yang didorong oleh AI juga membawa konsekuensi meningkatnya kompleksitas sistem informasi dan risiko keamanan digital. Implementasi teknologi berbasis AI menghasilkan volume data yang besar dan kompleks, sehingga memerlukan pengelolaan yang lebih cermat dalam aspek keamanan dan integritas data [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]. Penelitian dalam bidang digital forensics dan keamanan siber menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas digital berbanding lurus dengan meningkatnya potensi ancaman seperti kebocoran data dan serangan siber [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]. Oleh karena itu, adopsi teknologi AI tidak dapat dilepaskan dari kemampuan organisasi dalam mengelola risiko keamanan dan kompleksitas data secara efektif.

Dalam konteks ekonomi global, Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) memiliki peran strategis sebagai tulang punggung pertumbuhan ekonomi dan penciptaan lapangan kerja. UMKM berkontribusi signifikan terhadap produk domestik bruto serta memiliki fleksibilitas dalam merespons perubahan pasar [19]. UMKM juga berperan penting dalam mendorong inovasi berbasis lokal dan pembangunan ekonomi yang inklusif [20]. Namun demikian, UMKM umumnya menghadapi keterbatasan sumber daya, rendahnya literasi digital, serta minimnya akses terhadap teknologi canggih [21].

Kondisi tersebut menyebabkan tingkat adopsi teknologi AI pada UMKM masih relatif rendah dan tidak merata dibandingkan dengan perusahaan besar. Meskipun demikian, pemanfaatan AI pada UMKM memiliki potensi yang sangat besar dalam meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing bisnis. AI dapat digunakan untuk mendukung berbagai aktivitas seperti analisis data pelanggan, optimalisasi proses bisnis, serta otomatisasi layanan berbasis sistem cerdas [22]. Penerapan LLM akan memungkinkan organisasi untuk mengelola informasi kompleks secara lebih cepat dan akurat, sehingga meningkatkan kualitas pengambilan keputusan [23]. Implementasi AI juga mendorong UMKM untuk mengembangkan strategi bisnis yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan eksternal. Dengan demikian, AI berperan sebagai katalis dalam mendorong transformasi digital UMKM secara menyeluruh [24], [25], [26]. Namun, adopsi AI pada UMKM masih menghadapi berbagai tantangan yang bersifat multidimensional. Hambatan tersebut meliputi keterbatasan biaya implementasi, kurangnya keterampilan sumber daya manusia, serta rendahnya kesiapan organisasi dalam mengintegrasikan teknologi baru [27], [28]. Selain itu, faktor lingkungan seperti tekanan kompetitif, regulasi, dan dukungan ekosistem juga mempengaruhi tingkat adopsi teknologi [25]. Penelitian lain menunjukkan bahwa faktor kepemimpinan dan sikap manajerial juga memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan adopsi AI pada organisasi kecil [29], [30]. Hal ini menunjukkan bahwa adopsi AI bukan hanya persoalan teknologi, tetapi juga melibatkan aspek organisasi dan lingkungan yang kompleks [31], [32], [33], [34].

Berdasarkan identifikasi kesenjangan literatur tersebut, penelitian ini memiliki tujuan utama untuk mengembangkan model konseptual adopsi AI pada UMKM pedesaan berbasis kerangka TOE. Secara spesifik, penelitian ini berusaha menjawab pertanyaan penelitian: "Apa saja faktor-faktor dalam dimensi teknologi, organisasi, dan lingkungan yang mempengaruhi adopsi AI pada UMKM pedesaan?" Kontribusi penelitian ini adalah tersusunnya framework konseptual yang komprehensif dan kontekstual yang dapat menjadi dasar bagi penelitian empiris selanjutnya.

Untuk memahami fenomena tersebut secara komprehensif, pendekatan Technology–Organization–Environment (TOE) banyak digunakan dalam penelitian adopsi teknologi. Model TOE menjelaskan bahwa adopsi teknologi dipengaruhi oleh tiga dimensi utama, yaitu faktor teknologi, organisasi, dan lingkungan [27]. Pendekatan ini mampu menjelaskan bagaimana kesiapan teknologi, kapasitas organisasi, serta tekanan lingkungan eksternal berinteraksi dalam menentukan keberhasilan adopsi teknologi. Selain itu, TOE juga memungkinkan analisis yang lebih komprehensif terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan adopsi teknologi pada UMKM [21], [29]. Oleh karena itu, TOE menjadi

kerangka konseptual yang relevan dalam menganalisis adopsi AI pada UMKM. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kajian AI di tingkat nasional masih didominasi oleh implementasi teknis, seperti pengembangan chatbot dan sistem berbasis Natural Language Processing (NLP) [35], [36], [37]. Adopsi chatbot dipengaruhi oleh persepsi manfaat dan kemudahan penggunaan [35], sehingga memastikan kesiapan organisasi dalam mengintegrasikan teknologi AI pada UMKM menjadi sangat penting [38]. Di sisi lain, penelitian internasional seperti [39], [40], [41], [42], [43] lebih berfokus pada pengembangan dan peningkatan performa large language models. Meskipun memberikan kontribusi signifikan terhadap perkembangan teknologi AI, penelitian tersebut belum secara spesifik mengkaji faktor adopsi AI dalam konteks UMKM pedesaan yang memiliki karakteristik unik berupa keterbatasan akses infrastruktur dan sumber daya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Artificial Intelligence (AI) dan Large Language Models (LLMs)*

Artificial Intelligence (AI) merupakan teknologi yang memungkinkan sistem komputer untuk melakukan tugas-tugas yang umumnya membutuhkan kecerdasan manusia, seperti pembelajaran, penalaran, dan pengambilan keputusan. Dalam konteks bisnis modern, AI telah menjadi pendorong utama transformasi digital yang memungkinkan organisasi meningkatkan efisiensi operasional, akurasi analisis, serta kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan bisnis [1], [2]. Penerapan AI tidak hanya terbatas pada otomatisasi proses, tetapi juga mencakup analisis prediktif, personalisasi layanan, serta optimalisasi strategi pemasaran berbasis data [26]. Lebih lanjut, AI berperan sebagai teknologi strategis yang mampu menciptakan keunggulan kompetitif melalui pemanfaatan data dalam skala besar. Organisasi yang mampu mengadopsi AI secara efektif cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam merespons dinamika pasar serta mengembangkan inovasi berbasis teknologi [24].

Perkembangan AI saat ini semakin dipengaruhi oleh kemajuan Large Language Models (LLMs), yaitu model berbasis pembelajaran mendalam yang dirancang untuk memahami dan menghasilkan bahasa manusia secara kontekstual. LLM memungkinkan sistem untuk melakukan berbagai tugas seperti analisis teks, pembuatan konten, serta interaksi berbasis bahasa alami [3]. Kemampuan ini menjadikan LLM sebagai komponen penting dalam pengembangan sistem cerdas yang adaptif dan interaktif. Dalam konteks bisnis, LLM telah digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan, meningkatkan kualitas layanan pelanggan, serta mengotomatisasi proses komunikasi [23], [44]. Selain itu, teknik fine-tuning pada LLM memungkinkan model disesuaikan dengan kebutuhan spesifik organisasi, sehingga meningkatkan akurasi dan relevansi output yang dihasilkan [39],

[42]. Hal ini membuka peluang bagi UMKM untuk memanfaatkan AI secara lebih praktis dan kontekstual, meskipun dengan keterbatasan sumber daya.

2.2. Karakteristik UMKM Pedesaan dan Tantangan Adopsi AI

Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) di wilayah pedesaan memiliki karakteristik yang berbeda dengan UMKM di perkotaan. UMKM pedesaan umumnya memiliki akses terbatas terhadap infrastruktur teknologi, tingkat literasi digital yang lebih rendah, serta keterbatasan dalam hal akses permodalan dan pasar [19], [20]. Meskipun demikian, UMKM pedesaan memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam merespons perubahan pasar serta kedekatan dengan sumber daya lokal yang menjadi keunggulan kompetitif. Dalam konteks digitalisasi, UMKM pedesaan seringkali mengalami hambatan yang lebih kompleks dalam mengadopsi teknologi baru, termasuk AI, akibat rendahnya literasi digital dan minimnya ekosistem pendukung [21].

Penelitian [27] mengidentifikasi bahwa biaya implementasi menjadi hambatan utama adopsi AI pada UMKM, sementara [28] menyoroti kurangnya keterampilan sumber daya manusia sebagai faktor penghambat signifikan. Peneliti lain [30] menambahkan bahwa sikap manajerial dan kepemimpinan memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan adopsi AI. Sementara itu, [25] menyoroti faktor lingkungan seperti tekanan kompetitif dan dukungan kebijakan sebagai pemicu adopsi teknologi. Adopsi AI pada UMKM pedesaan juga dipengaruhi oleh kesiapan ekosistem digital di sekitarnya, termasuk ketersediaan infrastruktur internet dan dukungan dari lembaga lokal [22], [33]. Dengan demikian, diperlukan pendekatan holistik yang mempertimbangkan interaksi berbagai faktor tersebut.

2.3. Technology-Organization-Environment (TOE) Framework

Framework Technology-Organization-Environment (TOE) merupakan salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan dalam penelitian adopsi teknologi untuk menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan organisasi dalam mengadopsi inovasi teknologi. Model ini menyatakan bahwa adopsi teknologi dipengaruhi oleh tiga dimensi utama, yaitu teknologi, organisasi, dan lingkungan [27]. Keunggulan TOE terletak pada kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi secara komprehensif, serta fleksibilitasnya untuk diadaptasi pada berbagai konteks organisasi dan jenis teknologi yang berbeda, yaitu:

a. Teknologi

Dimensi teknologi dalam framework TOE mencakup karakteristik inovasi teknologi itu sendiri yang mempengaruhi keputusan adopsi. Dalam konteks adopsi AI pada UMKM pedesaan,

dimensi teknologi meliputi perceived relative advantage (keunggulan relatif yang dirasakan), compatibility (kesesuaian dengan nilai dan kebutuhan organisasi), complexity (tingkat kesulitan pemahaman dan penggunaan), serta kemampuan teknis dari AI itu sendiri termasuk LLM capability. Selain itu, biaya implementasi (cost efficiency) juga menjadi pertimbangan penting mengingat keterbatasan sumber daya finansial UMKM [21], [27].

b. Organisasi

Dimensi organisasi merepresentasikan kesiapan internal UMKM dalam mengadopsi AI. Dimensi ini mencakup tingkat literasi digital sumber daya manusia, dukungan kepemimpinan (leadership support), serta kesiapan sumber daya (resource readiness) baik dari segi manusia maupun infrastruktur [21], [27], [30]. Penelitian Kukanja & Planinc (2025) menekankan bahwa sikap manajerial terhadap AI menjadi faktor penentu keberhasilan adopsi, sementara peneliti lainnya [45] menunjukkan bahwa organisasi dengan literasi digital yang lebih tinggi cenderung lebih mudah mengadopsi teknologi baru.

c. Lingkungan

Dimensi lingkungan mencerminkan faktor eksternal yang berada di luar kendali organisasi namun mempengaruhi keputusan adopsi. Dimensi ini meliputi tekanan kompetitif (competitive pressure) dari pesaing yang telah menggunakan AI, dukungan pemerintah (government support) dalam bentuk kebijakan atau insentif, serta dukungan ekosistem digital (digital ecosystem support) seperti ketersediaan infrastruktur dan layanan pendukung [25], [29], [46].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode systematic literature review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis literatur yang relevan dengan adopsi AI pada UMKM pedesaan berbasis kerangka TOE. Proses pencarian literatur dilakukan pada basis data terindeks seperti Scopus, Google Scholar, dan Web of Science dengan rentang tahun publikasi 2022–2026. Kata kunci yang digunakan meliputi kombinasi: "AI adoption", "LLM", "SMEs rural", "Technology-Organization-Environment", "digital transformation", "rural business".

Dari hasil pencarian awal diperoleh 347 artikel. Setelah melalui proses screening judul dan abstrak, serta pengecekan duplikasi, tersisa 89 artikel yang kemudian dibaca full-text. Selanjutnya, diterapkan kriteria inklusi: (a) membahas adopsi AI/LLM, (b) menggunakan atau merujuk pada TOE framework, (c) konteks UMKM atau usaha kecil, (d) dipublikasikan dalam jurnal terindeks atau prosiding internasional. Hasil akhirnya terdapat 47 artikel yang dianalisis secara mendalam. Sebaran geografis literatur meliputi Indonesia, Malaysia, Amerika Serikat, Inggris, Jerman, Kanada, dan Australia.

Proses sintesis untuk membangun model konseptual dilakukan melalui pendekatan tematik: (1) ekstraksi faktor-faktor adopsi dari setiap artikel, (2) pengelompokan faktor ke dalam dimensi TOE, (3) identifikasi faktor yang paling sering muncul dan relevan dengan konteks pedesaan, (4) validasi silang antarpemilip, dan (5) perumusan proposisi serta model konseptual. Langkah ini memastikan bahwa model yang dihasilkan tidak sekadar kompilasi teori, tetapi benar-benar mencerminkan karakteristik spesifik UMKM pedesaan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adopsi AI pada UMKM Pedesaan

Berdasarkan sintesis dari berbagai literatur yang telah dikaji, penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor kunci dalam setiap dimensi Technology-Organization-Environment (TOE) yang relevan dengan konteks adopsi AI pada UMKM pedesaan. Identifikasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan

karakteristik unik UMKM pedesaan, seperti keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital, serta minimnya akses terhadap ekosistem pendukung [19], [20]. Tabel 1 menyajikan ringkasan faktor-faktor tersebut beserta deskripsi operasionalnya.

Dimensi teknologi dalam kerangka TOE yang ditampilkan Tabel 1 mencakup karakteristik inovasi teknologi itu sendiri yang mempengaruhi keputusan adopsi [27]. Faktor pertama adalah relative advantage, yaitu persepsi bahwa AI memberikan manfaat nyata dibandingkan dengan cara kerja sebelumnya. Penelitian di Malaysia [21] menunjukkan bahwa ketika pemilik UMKM merasakan peningkatan efisiensi, akurasi, atau kecepatan dalam operasional bisnis setelah menggunakan AI, maka kecenderungan untuk mengadopsi teknologi tersebut meningkat secara signifikan. Dalam konteks pedesaan, relative advantage perlu dikomunikasikan secara konkret, misalnya melalui studi kasus dari UMKM serupa yang telah berhasil mengadopsi AI [22].

Tabel 1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adopsi AI pada UMKM Pedesaan

Dimensi	Faktor	Deskripsi
Teknologi	Relative Advantage	Persepsi bahwa AI memberikan manfaat nyata dibandingkan cara kerja lama [21], [27]
	Compatibility	Kesesuaian AI dengan nilai, kebutuhan, dan cara kerja organisasi [27]
	Complexity	Tingkat kemudahan pemahaman dan penggunaan AI [21]
	LLM Capability	Kemampuan AI berbasis bahasa alami dalam membantu aktivitas usaha [39], [42]
Organisasi	Cost Efficiency	Keterjangkauan biaya implementasi dan operasional AI [21]
	Digital Literacy	Kemampuan dasar digital yang dimiliki pengelola dan karyawan UMKM [21], [45]
	Leadership Support	Dukungan dari pimpinan atau pengelola usaha terhadap adopsi AI [29], [30]
	Resource Readiness	Ketersediaan sumber daya (manusia, infrastruktur, finansial) [27], [47]
Lingkungan	Competitive Pressure	Tekanan dari pesaing yang telah mengadopsi AI [25], [46]
	Government Support	Dukungan pemerintah melalui kebijakan, insentif, atau pelatihan [29]
	Digital Ecosystem Support	Ketersediaan infrastruktur dan ekosistem digital pendukung [25], [33]

Faktor kedua dari dimensi teknologi adalah compatibility, yaitu kesesuaian AI dengan nilai, kebutuhan, dan cara kerja organisasi yang sudah ada [27]. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi yang terlalu "revolusioner" dan tidak sesuai dengan rutinitas usaha yang telah mapan cenderung menghadapi resistensi yang lebih tinggi. Bagi UMKM pedesaan yang umumnya memiliki proses bisnis sederhana dan personal, AI perlu dirancang agar dapat diintegrasikan tanpa mengubah seluruh alur kerja [33].

Faktor ketiga adalah complexity, yaitu tingkat kemudahan pemahaman dan penggunaan AI [21]. Semakin kompleks suatu teknologi, semakin rendah kemungkinan adopsinya, terutama pada organisasi dengan sumber daya manusia terbatas. Complexity juga menjadi salah satu penghambat utama adopsi AI pada UMKM di negara berkembang. Oleh karena itu, penyedia teknologi perlu mengembangkan antarmuka yang intuitif dan menyediakan pelatihan yang memadai [38].

Faktor keempat adalah LLM capability, yaitu kemampuan AI berbasis bahasa alami dalam membantu aktivitas usaha. Perkembangan Large

Language Models (LLMs) [3], [39], [42] yang telah membuka peluang baru bagi UMKM untuk memanfaatkan AI tanpa memerlukan keahlian teknis mendalam. LLM dapat digunakan untuk pembuatan konten pemasaran, layanan pelanggan otomatis, serta analisis sederhana terhadap umpan balik pelanggan [23], [44]. Dalam konteks pedesaan, LLM yang mendukung bahasa lokal menjadi nilai tambah yang signifikan.

Faktor kelima adalah cost efficiency, yaitu keterjangkauan biaya implementasi dan operasional AI. Penelitian dalam konteks UMKM pedesaan dengan arus kas terbatas [47], biaya awal yang tinggi seringkali menjadi penghalang utama. Namun, cost efficiency tidak hanya mencakup harga pembelian perangkat lunak, tetapi juga biaya pelatihan, pemeliharaan, serta biaya peluang dari waktu yang dialihkan untuk mempelajari teknologi baru [28]. Model subscription atau pay-as-you-go dinilai lebih sesuai untuk UMKM pedesaan dibandingkan dengan model lisensi permanen yang mahal.

Tabel 1 juga menunjukkan dimensi organisasi, yang merepresentasikan kesiapan internal UMKM

dalam mengadopsi AI [27] Faktor pertama adalah digital literacy, yaitu kemampuan dasar digital yang dimiliki pengelola dan karyawan UMKM. Rendahnya literasi digital juga ditemukan berkorelasi positif dengan rendahnya tingkat adopsi teknologi [21], [45]. Di pedesaan, tantangan literasi digital seringkali lebih kompleks karena terbatasnya akses terhadap pelatihan dan pendidikan formal di bidang teknologi [34]. Peningkatan literasi digital dapat dilakukan melalui program pelatihan komunitas, pendampingan teknis, serta pemanfaatan platform pembelajaran daring yang sederhana.

Faktor kedua adalah leadership support, yaitu dukungan dari pimpinan atau pengelola usaha terhadap adopsi AI. Di sisi lain, sikap manajerial terhadap teknologi baru menjadi faktor penentu keberhasilan adopsi. Pemilik UMKM yang memiliki visi transformasi digital cenderung lebih proaktif dalam mencari informasi tentang AI, mengalokasikan anggaran untuk pelatihan, serta mendorong karyawan untuk mencoba teknologi baru [29], [30]. Sebaliknya, kepemimpinan yang skeptis atau apatis terhadap AI akan menghambat proses adopsi, meskipun faktor teknologi dan lingkungan mendukung.

Faktor ketiga adalah resource readiness, yaitu ketersediaan sumber daya (manusia, infrastruktur, finansial) untuk mendukung adopsi AI [27], [47]. Sumber daya manusia mencakup ketersediaan staf yang memiliki kapasitas untuk mengoperasikan dan memelihara sistem AI. Sumber daya infrastruktur mencakup perangkat keras (komputer, smartphone), perangkat lunak, serta koneksi internet yang memadai. Sumber daya finansial mencakup anggaran yang dialokasikan untuk pembelian, pelatihan, dan pemeliharaan. Selain itu, UMKM yang telah memiliki kesiapan sumber daya yang baik cenderung lebih sukses dalam mengadopsi dan memanfaatkan generative AI secara berkelanjutan [47].

Dimensi lingkungan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1 mencerminkan faktor eksternal yang berada di luar kendali organisasi namun mempengaruhi keputusan adopsi [25]. Faktor pertama adalah competitive pressure, yaitu tekanan dari pesaing yang telah mengadopsi AI. Beberapa peneliti [25], [46] menemukan bahwa ketika pesaing langsung mulai menggunakan AI untuk meningkatkan efisiensi atau layanan pelanggan, UMKM lain akan merasakan tekanan untuk mengikuti agar tidak kehilangan pangsa pasar. Di pedesaan, tekanan kompetitif mungkin tidak sekuat di perkotaan, namun dengan semakin terjangkaunya solusi AI, tekanan ini diperkirakan akan meningkat dalam beberapa tahun ke depan.

Faktor kedua adalah government support, yaitu dukungan pemerintah melalui kebijakan, insentif, atau pelatihan. Dalam hal ini, intervensi pemerintah dalam bentuk subsidi, pelatihan, atau penyediaan infrastruktur digital dapat mempercepat adopsi teknologi pada UMKM [29]. Di Indonesia, program-program seperti Bangga Buatan Indonesia dan pelatihan digital marketing dari Kementerian Koperasi

dan UKM merupakan contoh dukungan yang dapat diperluas cakupannya untuk mencakup adopsi AI [31], [32].

Faktor ketiga adalah digital ecosystem support, yaitu ketersediaan infrastruktur dan ekosistem digital pendukung. Adopsi AI pada UMKM pedesaan sangat bergantung pada ketersediaan jaringan internet yang stabil, keberadaan penyedia layanan AI lokal, serta komunitas praktisi digital yang dapat menjadi tempat bertukar pengalaman. Tanpa ekosistem yang mendukung, UMKM pedesaan akan kesulitan untuk mengadopsi AI secara mandiri [25], [32], [33]. Oleh karena itu, pengembangan digital ecosystem di tingkat pedesaan menjadi prioritas yang tidak kalah pentingnya dengan pengembangan teknologi itu sendiri.

4.2. Proposisi Konseptual

Berdasarkan sintesis literatur yang telah dilakukan, penelitian ini mengajukan tiga proposisi konseptual yang menjadi dasar pengembangan framework. Proposisi ini merupakan pernyataan teoretis yang dapat diuji secara empiris pada penelitian selanjutnya, berbeda dengan hipotesis yang bersifat statistik, dimana:

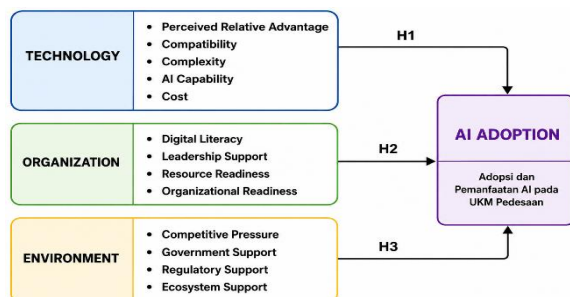
- Preposisi 1: Dimensi teknologi berpengaruh terhadap adopsi AI pada UMKM pedesaan.**
Semakin tinggi persepsi bahwa AI memberikan manfaat nyata dibandingkan cara kerja lama (relative advantage), semakin sesuai AI dengan rutinitas bisnis sederhana UMKM (compatibility), serta semakin mudah penggunaan antarmuka AI (low complexity), maka kecenderungan adopsi meningkat. Kemampuan LLM dalam memahami bahasa lokal (LLM capability) dan model biaya berlangganan yang terjangkau (cost efficiency) juga memperkuat keputusan adopsi. Dengan demikian, kelima faktor teknologi ini secara kolektif mendorong UMKM pedesaan untuk mengadopsi AI, terutama dalam konteks pemasaran digital dan layanan pelanggan.
- Proposisi 2: Dimensi organisasi berpengaruh terhadap adopsi AI pada UMKM pedesaan.**
Semakin tinggi tingkat literasi digital pengelola, semakin besar pemahaman mereka tentang potensi dan risiko AI. Dukungan aktif dari pemilik usaha (leadership support) menjadi katalis dalam mengalokasikan waktu, anggaran, dan perhatian pada adopsi teknologi. Ketersediaan sumber daya (resource readiness) yang meliputi SDM terampil, perangkat keras memadai, koneksi internet stabil, serta anggaran berkelanjutan turut menentukan keberhasilan adopsi. Ketiga faktor ini saling memperkuat: tanpa literasi digital, dukungan kepemimpinan saja tidak cukup; tanpa sumber daya, adopsi tidak akan berkelanjutan.
- Proposisi 3: Dimensi lingkungan berpengaruh terhadap adopsi AI pada UMKM pedesaan.**
Tekanan kompetitif (competitive pressure) dari pesaing yang telah menggunakan AI mendorong

UMKM lain untuk mengikuti agar tidak kehilangan pangsa pasar. Dukungan pemerintah (government support) melalui kebijakan, insentif subsidi, pelatihan massal, dan penyediaan infrastruktur digital menurunkan hambatan biaya dan meningkatkan kepercayaan. Yang paling khas dalam konteks pedesaan adalah digital ecosystem support: ketersediaan internet stabil, penyedia layanan AI lokal, dan komunitas praktisi digital. Tanpa ekosistem yang memadai, tekanan kompetitif dan dukungan pemerintah sulit efektif mendorong adopsi AI.

4.3. Model Konseptual

Berdasarkan sintesis dari kajian literatur yang telah dilakukan, Gambar 1 menyajikan framework konseptual adopsi AI pada UMKM pedesaan berbasis Technology-Organization-Environment (TOE). Framework ini mengintegrasikan tiga dimensi utama dengan masing-masing indikatornya yang telah diidentifikasi, serta menunjukkan hubungan pengaruh terhadap adopsi AI.

Framework yang ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa adopsi AI pada UMKM pedesaan tidak berdiri sendiri, melainkan dipengaruhi oleh interaksi antara kesiapan teknologi, kapasitas internal organisasi, dan kondisi lingkungan eksternal. Karakteristik unik UMKM pedesaan seperti keterbatasan akses infrastruktur dan sumber daya menjadikan faktor-faktor seperti cost efficiency, digital literacy, dan digital ecosystem support memiliki peran yang lebih signifikan dibandingkan konteks UMKM perkotaan atau perusahaan besar.



Gambar 1. Model Adopsi Ai pada UMKM Pedesaan Berbasis *Framework* TOE

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, model konseptual ini mengusulkan tiga hipotesis utama yang merupakan turunan dari proposisi sebelumnya:

- H1 : Dimensi teknologi (relative advantage, compatibility, complexity, LLM capability, cost efficiency) berpengaruh positif terhadap adopsi AI pada UMKM pedesaan.
- H2 : Dimensi organisasi (digital literacy, leadership support, resource readiness) berpengaruh positif terhadap adopsi AI pada UMKM pedesaan.
- H3 : Dimensi lingkungan (competitive pressure, government support, digital ecosystem support)

berpengaruh positif terhadap adopsi AI pada UMKM pedesaan.

Ketiga hipotesis tersebut mengasumsikan adanya hubungan kausal langsung antara setiap dimensi dengan variabel dependen (adopsi AI). Namun, dalam konteks pedesaan, model ini juga mengakui kemungkinan adanya efek moderasi, misalnya digital literacy yang memperkuat pengaruh leadership support (H2a), serta digital ecosystem support yang berperan sebagai enabler bagi dimensi lainnya (H3a). Pengujian empiris diperlukan untuk membuktikan hubungan-hubungan tersebut. Oleh karena itu, semakin tinggi kesiapan pada masing-masing dimensi, maka semakin besar kemungkinan UMKM dalam mengadopsi dan memanfaatkan teknologi AI secara optimal. Model ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi AI serta menjadi dasar dalam pengembangan strategi transformasi digital yang lebih kontekstual dan berkelanjutan, khususnya pada UMKM pedesaan yang memiliki keterbatasan sumber daya dan akses teknologi [19], [22], [33].

4.4. Implikasi Teoretis

Framework konseptual yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan beberapa kontribusi teoretis. Pertama, penelitian ini memperluas aplikasi framework TOE ke dalam konteks yang belum banyak terjamah, yaitu adopsi AI pada UMKM pedesaan. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada adopsi teknologi secara umum atau pada konteks perusahaan besar [21], [27]. Dengan mengidentifikasi faktor-faktor spesifik yang relevan dengan karakteristik UMKM pedesaan, penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih kontekstual.

Kedua, penelitian ini mengintegrasikan perkembangan AI terkini, khususnya Large Language Models (LLMs), ke dalam kerangka adopsi teknologi. Penelitian sebelumnya seperti [3], [39], [42] lebih berfokus pada aspek teknis pengembangan LLM, sementara penelitian ini menyoroti bagaimana LLM capability menjadi faktor penting dalam keputusan adopsi dari perspektif pengguna bisnis.

Ketiga, penelitian ini mengidentifikasi bahwa faktor lingkungan seperti digital ecosystem support memiliki peran krusial dalam adopsi AI pada UMKM pedesaan. Hal ini sejalan dengan temuan [25], [46] yang menekankan pentingnya ekosistem pendukung dalam adopsi teknologi pada organisasi kecil.

4.5. Implikasi Praktis

Bagi para pemangku kepentingan, framework ini memberikan panduan strategis. Bagi pengelola UMKM pedesaan, framework ini dapat digunakan sebagai alat asesmen mandiri (self-assessment) untuk mengidentifikasi kesiapan organisasi dalam mengadopsi AI. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi, UMKM dapat

memprioritaskan area yang perlu ditingkatkan, misalnya peningkatan literasi digital atau mencari dukungan dari ekosistem sekitar.

Bagi pemerintah dan pembuat kebijakan, framework ini mengidentifikasi bahwa dukungan pemerintah (government support) dan dukungan ekosistem digital (digital ecosystem support) merupakan faktor lingkungan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa intervensi kebijakan seperti penyediaan infrastruktur internet di pedesaan, subsidi biaya adopsi teknologi, program pelatihan literasi AI, serta pendampingan teknis dapat menjadi langkah strategis untuk mendorong adopsi AI pada UMKM pedesaan.

Bagi penyedia teknologi AI, framework ini memberikan wawasan bahwa faktor compatibility dan cost efficiency menjadi pertimbangan utama bagi UMKM pedesaan. Oleh karena itu, pengembangan produk AI yang sederhana, murah, dan sesuai dengan kebutuhan spesifik UMKM pedesaan (bukan versi kompleks untuk perusahaan besar) akan lebih mudah diadopsi.

4.6. Keterbatasan Penelitian

Sebagai sebuah kajian literatur (literature review), penelitian ini tidak melakukan pengujian empiris terhadap kerangka konseptual yang dikembangkan. Keterbatasan utama tersebut mengakibatkan belum tersedianya bukti statistik maupun validasi lapangan mengenai hubungan kausal antar faktor yang diidentifikasi dalam model adopsi kecerdasan buatan (AI) pada UMKM pedesaan. Mengingat konteks pedesaan yang memiliki karakteristik unik dalam hal infrastruktur, sumber daya, dan literasi digital, generalisasi temuan dari literatur yang ada perlu diuji lebih lanjut secara empiris.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan framework konseptual adopsi AI pada UMKM pedesaan berbasis Technology-Organization-Environment (TOE) melalui literature review sistematis. Framework ini mengidentifikasi bahwa faktor teknologi meliputi relative advantage, compatibility, complexity, LLM capability, dan cost efficiency; faktor organisasi meliputi digital literacy, leadership support, dan resource readiness; serta faktor lingkungan meliputi competitive pressure, government support, dan digital ecosystem support. Ketiga dimensi tersebut diproposisikan memiliki pengaruh terhadap adopsi AI pada UMKM pedesaan.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengujian empiris terhadap framework yang telah dikembangkan, serta memperluas cakupan penelitian dengan studi komparatif antara UMKM pedesaan dan perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Kumar, A. R. Ashraf, and W. Nadeem, "AI-powered marketing: What, where, and how?," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 77, Aug. 2024, <http://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102783>
- [2] M. Raza, Z. Jahangir, M. B. Riaz, M. J. Saeed, and M. A. Sattar, "Industrial applications of large language models," *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, Dec. 2025, <http://doi.org/10.1038/s41598-025-98483-1>.
- [3] I. D. Mienye, N. Jere, G. Obaido, O. O. Ogunraku, E. Esenogho, and C. Modisane, "Large language models: an overview of foundational architectures, recent trends, and a new taxonomy," Sep. 01, 2025, *Springer Nature*. <http://doi.org/10.1007/s42452-025-07668-w>.
- [4] A. Kurniawan, I. Riadi, and A. Luthfi, "Forensic Analysis And Prevent Of Cross Site Scripting In Single Victim Attack Using Open Web Application Security Project (Owasp) Framework," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 95, no. 6, pp. 1363–1371, Mar. 2017, <http://www.jatit.org/volumes/Vol95No6/15Vol95No6.pdf>
- [5] A. Kurniawan and I. Riadi, "Detection and Analysis Cerber Ransomware Based on Network Forensics Behavior," *International Journal of Network Security*, vol. 20, no. 5, pp. 836–843, Nov. 2018, <http://doi.org/10.6633/IJNS.201809>.
- [6] R. Umar, I. Riadi, and R. S. Kusuma, "Analysis of Conti Ransomware Attack on Computer Network with Live Forensic Method," *IJID (International Journal on Informatics for Development)*, vol. 10, no. 1, pp. 53–61, Jun. 2021, <http://doi.org/10.14421/ijid.2021.2423>.
- [7] I. Riadi, R. Umar, and I. M. Nasrulloh, "Analisis Forensik Digital Pada Frozen Solid State Drive Dengan Metode National Institute Of Justice (NIJ)," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 3, no. 1, pp. 70–82, Jul. 2018, <http://doi.org/10.21831/elinvo.v3i1.19308>.
- [8] A. A. Firdaus, A. Yudhana, I. Riadi, and Mahsun, "Indonesian presidential election sentiment: Dataset of response public before 2024," *Data Brief*, vol. 52, no. 109993, pp. 1–8, Feb. 2024, <http://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109993>.
- [9] T. Rochmadi, I. Riadi, and Y. Prayudi, "Live Forensics for Anti-Forensics Analysis on Private Portable Web Browser," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 164, no. 8, pp. 31–37, Apr. 2017. <https://eprints.uad.ac.id/6950/1/hasil-cek-similarity-0510088001-60020397-imamriadi-paper-c1.26.pdf>
- [10] Sunardi, I. Riadi, and P. A. Raharja, "Vulnerability Analysis of E-voting Application using Open Web Application Security Project (OWASP) Framework," *IJACSA: International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, no. 11, pp. 135–143, 2019,

- https://thesai.org/Downloads/Volume10No11/Per_18-Vulnerability_Analysis_of_E_voting_Application.pdf
- [11] A. Fadlil, I. Riadi, and A. Nugrahanoro, "Data Security for School Service Top-Up Transactions Based on AES Combination Blockchain Technology," *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 11, no. 3, p. 155, Dec. 2020, <http://doi.org/10.24843/lkjiti.2020.v11.i03.p04>.
- [12] I. Riadi, A. Yudhana, and M. C. F. Putra, "Akuisisi Bukti Digital Pada Instagram Messenger Berbasis Android Menggunakan Metode National Institute Of Justice (NIJ)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 219–227, Aug. 2018, <http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v4i2.769>.
- [13] Rosmiati, I. Riadi, and Y. Prayudi, "A Maturity Level Framework for Measurement of Information Security Performance," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 141, no. 8, pp. 1–6, May 2016, <https://www.ijcaonline.org/archives/volume141/number8/rosmiati-2016-ijca-907930.pdf>
- [14] I. Riadi and W. P. Wicaksono, "Implementasi Quality of Service Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket," *JUSI*, vol. 1, no. 2, pp. 93–104, Nov. 2011, https://is.uad.ac.id/jusi/wp-content/uploads/09-JUSI-Vol-1-No-2-_Implementasi-Quality-of-Service.pdf
- [15] A. Iswardani and I. Riadi, "Denial Of Service Log Analysis Using Density K-Means Method," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 83, no. 20, pp. 299–302, Jan. 2016, <http://www.jatit.org/volumes/Vol83No2/18Vol83No2.pdf>
- [16] M. Zulfadhilah, Y. Prayudi, and I. Riadi, "Cyber Profiling using Log Analysis and K-Means Clustering: A Case Study Higher Education in Indonesia," *IJACSA International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 7, no. 7, pp. 430–435, 2016, <https://scispace.com/pdf/cyber-profiling-using-log-analysis-and-k-means-clustering-a-y2mnv2nu6k.pdf>
- [17] Hariani and I. Riadi, "Detection Of Cyberbullying On Social Media Using Data Mining Techniques," *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, vol. 15, no. 3, pp. 224–250, Mar. 2017, https://www.researchgate.net/publication/316220696_Detection_Of_Cyberbullying_On_Social_Media_Using_Data_Mining_Techniques#full-text.pdf
- [18] A. Fauzan, I. Riadi, and A. Fadlil, "Analisis Forensik Digital Pada Line Messenger Untuk Penanganan Cybercrime," *Prosiding Annual Research Seminar 2016*, vol. 2, no. 1, pp. 159–163, Dec. 2016, <https://media.neliti.com/media/publications/169500-ID-analisis-forensik-digital-pada-line-mess.pdf>
- [19] Y. M. Yesuf and Z. Fields, "SMEs, digital transformation and sustainable development: a systematic review of barriers, enablers and outcomes," 2026, *Cogent OA*, <http://doi.org/10.1080/23311975.2026.2631198>.
- [20] J. Schwaeke, A. Peters, D. K. Kanbach, S. Kraus, and P. Jones, "The new normal: The status quo of AI adoption in SMEs," *Journal of Small Business Management*, vol. 63, no. 3, pp. 1297–1331, 2025, <http://doi.org/10.1080/00472778.2024.2379999>.
- [21] S. Lada et al., "Determining factors related to artificial intelligence (AI) adoption among Malaysia's small and medium-sized businesses," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 9, no. 4, Dec. 2023, <http://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100144>.
- [22] A. Taherizadeh and C. Beaudry, "An emergent grounded theory of AI-driven digital transformation: Canadian SMEs' perspectives," *Ind. Innov.*, vol. 30, no. 9, pp. 1244–1273, 2023, <http://doi.org/10.1080/13662716.2023.2242285>.
- [23] H. Kourani, A. Berti, D. Schuster, and W. M. P. van der Aalst, "Evaluating large language models on business process modeling: framework, benchmark, and self-improvement analysis," *Softw. Syst. Model.*, 2025, <http://doi.org/10.1007/s10270-025-01318-w>.
- [24] A. Haleem, M. Javaid, M. Asim Qadri, R. Pratap Singh, and R. Suman, "Artificial intelligence (AI) applications for marketing: A literature-based study," *International Journal of Intelligent Networks*, vol. 3, pp. 119–132, Jan. 2022, <http://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.08.005>.
- [25] A. Steiner, M. Mazzei, F. Caló, and G. Liu, "How and Why Social Enterprises Adopt Artificial Intelligence: Opportunities, Challenges, and Future Implications for Research and Practice," *Journal of Social Entrepreneurship*, 2025, <http://doi.org/10.1080/19420676.2025.2584843>.
- [26] S. Vinerean and A. Opreana, "Artificial Intelligence and its Role in Personalized Marketing for Effective Customer Engagement," *Expert Journal of Marketing*, vol. 12, no. 2, pp. 70–79, 2024, https://marketing.expertjournals.com/ark:/16759/EJM_1206vinerean70-79.pdf
- [27] E. Sánchez, R. Calderón, and F. Herrera, "Artificial Intelligence Adoption in SMEs: Survey Based on TOE–DOI Framework, Primary Methodology and Challenges," Jun. 01, 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, <http://doi.org/10.3390/app15126465>.
- [28] F. Shahzad, M. T. Hoque, I. S. Khan, and A. Arslan, "AI for the underdogs: Navigating risk and growth in high-tech micro-firms through

- generative artificial intelligence,” *Journal of Strategy and Innovation*, vol. 37, no. 1, May 2026, <http://doi.org/10.1016/j.jsinno.2026.200566>.
- [29] M. Kukanja and T. Planinc, “Adoption of Artificial Intelligence in Micro and Small Hospitality Enterprises: The Role of Organisational Characteristics and Managers’ Attitudes Toward AI in Relation to Operating Revenues,” *Tourism and Hospitality*, vol. 6, no. 5, Dec. 2025, <http://doi.org/10.3390/tourhosp6050268>.
- [30] M. Peñarroya-Farell, M. Vaziri, S. K. Soto Rivera, and F. Miralles, “A Complex Leadership Perspective on Generative AI Adoption in SMEs: The Interplay of TAM, TMT, and RBV,” *Adm. Sci.*, vol. 15, no. 12, Dec. 2025, <http://doi.org/10.3390/admsci15120494>.
- [31] D. C. Novitasari, *KAAM: Kepanjen Ai Adoption Model (Model Adopsi Ai untuk UMKM Pedesaan)*, Cetakan 1. Bandung: Prisma Esta Utama, 2026.
- [32] D. C. Novitasari, “Deepseek Adoption as a Companion to Support SMEs’ Digital Marketing Strategy in Surabaya,” *Al-Kharaj: Journal of Islamic Economic and Business*, vol. 8, no. 1, pp. 30–37, 2026, <https://doi.org/10.24256/kharaj.v8i1.9051>.
- [33] C. D. Novitasari and M. W. Rozi, “Digital Pain Points: Analyzing Technology Barriers and Ai Companion Needs Among Micro-Enterprises In Jalan Tunjungan Surabaya,” *Al-Kharaj: Journal of Islamic Economic and Business*, vol. 7, no. 4, pp. 8424–8429, 2025, <http://doi.org/https://doi.org/10.24256/kharaj.v7i4.9052>.
- [34] D. Novitasari, N. Nurul Fatimah, N. Fitriyani, and O. Feriyanto, “Meningkatkan Literasi Keuangan Digital Pelaku UMKM Melalui Transaksi Non Tunai,” vol. 10, No. 2, pp. 2847–2854, 2026, <https://doi.org/10.36040/jati.v10i2.17724>.
- [35] T. L. S. I. Ardiansyah and E. Kesumahati, “The Influence Of Chatbots In Increasing Purchase Intention: An Analysis Of The Role Of Customer Attitudes Towards Artificial Intelligence,” *COSTING: Journal of Economic, Business and Accounting*, vol. 7, no. 6, pp. 8009–8024, 2024, <http://doi.org/10.6007/IJARBS/v15-i2/24507>.
- [36] R. Jullfikar, R. Megasari, and R. A. Sukamto, “Pengembangan Chatbot Menggunakan BERT untuk Pengelolaan Komunikasi Beasiswa Ikatan Alumni Universitas Pendidikan Indonesia,” *Digital Transformation Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 391–400, Jul. 2025, <http://doi.org/10.47709/digitech.v5i1.6367>.
- [37] A. Nurlita and M. Munawaroh, “Pengembangan Chatbot Dengan Metode Natural Language Processing Untuk Layanan Pelanggan (Studi Kasus PT Masterlink Internet Solution),” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3S1, pp. 2033–2039, Oct. 2025, <http://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.8176>.
- [38] A. Djaini, R. M. Permana, and T. Mahmudin, “Analisis Strategi Adaptif UMKMM terhadap Integrasi Teknologi ChatGPT sebagai Instrumen Peningkatan Daya Saing Berkelanjutan dan Akselerasi Inovasi Bisnis di Era Transformasi Digital,” *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 1015–1024, Jun. 2025, <http://doi.org/10.33395/jmp.v14i1.14959>.
- [39] H. W. Chung *et al.*, “Scaling Instruction-Finetuned Language Models,” Dec. 2022, <http://arxiv.org/abs/2210.11416>.
- [40] B. Guo *et al.*, “Sample Design Engineering: An Empirical Study on Designing Better Fine-Tuning Samples for Information Extraction with LLMs,” *Computation and Language*, pp. 573–594, Apr. 2024, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.13033>.
- [41] W. Lu, R. K. Luu, and M. J. Buehler, “Fine-tuning large language models for domain adaptation: exploration of training strategies, scaling, model merging and synergistic capabilities,” *NPJ Comput. Mater.*, vol. 11, no. 1, Dec. 2025, <http://doi.org/10.1038/s41524-025-01564-y>.
- [42] L. Ouyang *et al.*, “Training language models to follow instructions with human feedback,” *Computation and Language*, vol. 12, pp. 1–68, 2022, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.10560>.
- [43] Y. E. Shang *et al.*, “A Large-scale Empirical Study on Fine-tuning Large Language Models for Unit Testing,” 2025, <https://arxiv.org/abs/2412.16620>.
- [44] A. A. Toumeh, “Assessing the potential integration of large language models in accounting practices: evidence from an emerging economy,” *Future Business Journal*, vol. 10, no. 1, Dec. 2024, <http://doi.org/10.1186/s43093-024-00368-8>.
- [45] M. P. Benchis, K. Shahzad, and S. Dan, “Comparative analysis of blockchain adoption in the public and private sectors. A technology-organization-environment (TOE) framework approach,” *Journal of Innovation and Knowledge*, vol. 10, no. 4, Jul. 2025, <http://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100746>.
- [46] A. Amanollahnejad, S. Fosso-Wamba, M. S. Shabbir, and A. Pakseresht, “Aligning Socio-Technical Systems: Rethinking AI Adoption and Digital Transformation in SMEs,” *Information Systems Management*, 2026, <http://doi.org/10.1080/10580530.2025.2612175>.
- [47] L. Bitetti, C. Garzia, and E. Carpanzano, “How Generative Artificial Intelligence Creates Value: A Function and Readiness Perspective in Small and Medium-Sized Enterprises,” *Adm. Sci.*, vol. 16, no. 4, p. 176, Apr. 2026, <http://doi.org/10.3390/admsci16040176>.