

Adopsi teknologi digital terhadap tingkat pendapatan dan kesempatan kerja masyarakat pedesaan

Muhammad Bukhori Dalimunthe¹, Armin Rahmansyah Nasution², Evi Syuriani³, Siti Chairani Lubis⁴, Yudi Putra Pratama Silalahi⁵, Depita Sinaga⁶, Putri Angelita Purba⁷

¹*Pendidikan Ekonomi, Universitas Negeri Medan, Indonesia, daliori86@unimed.ac.id*

Abstrak

Tujuan riset mengeksplorasi adopsi teknologi digital terhadap pendapatan dan kesempatan kerja. Penelitian ini menganalisis dampak adopsi teknologi digital terhadap tingkat pendapatan dan kesempatan kerja masyarakat pedesaan di Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Menggunakan desain mixed-methods dengan pendekatan explanatory sequential design, data dikumpulkan melalui survei kuantitatif (N=400 responden) dan wawancara mendalam (N=15 informan). Hasil analisis Structural Equation Modeling (SEM) menunjukkan bahwa intensitas penggunaan teknologi digital berkorelasi positif dengan peningkatan pendapatan rumah tangga ($\beta=0,27$; $p<0,01$) dan penciptaan kesempatan kerja baru (IRR=1,3; $p<0,05$), dengan infrastruktur digital ($\beta=0,38$) dan literasi teknologi ($\beta=0,24$) sebagai faktor pemoderasi dominan. Temuan kunci mengungkap disparitas spasial signifikan: wilayah dengan cakupan 4G >75% (Kabanjahe) mengalami pertumbuhan lapangan kerja digital 2,3 kali lebih tinggi dibanding daerah terbatas infrastruktur (Tiga Panah). Studi ini merekomendasikan model intervensi bertahap (stage-based intervention) yang memadukan penguatan infrastruktur, pendidikan aplikatif, dan integrasi sistem terpusat untuk mengoptimalkan manfaat ekonomi teknologi di pedesaan.

Kata kunci: Adopsi teknologi digital; kesenjangan digital; pendapatan rumah tangga; kesempatan kerja.

Diterima; 18-06-2025 Accepted 09-07-2025; Diterbitkan 29-07-2025

Digital technology adoption on income levels and employment opportunities of rural communities

Abstract

Research aims is to explore the adoption of digital technologies on income and employment opportunities. This study analyzes the impact of digital technology adoption on income levels and employment opportunities in rural communities in Karo Regency, North Sumatra. Employing a mixed-methods of explanatory sequential design, data were collected through quantitative surveys (N=400 respondents) and in-depth interviews (N=15 key informants). Structural Equation Modeling (SEM) analysis revealed a positive correlation between digital technology usage intensity and household income growth ($\beta=0.27$; $p<0.01$), as well as new job creation (IRR=1.3; $p<0.05$), with digital infrastructure ($\beta=0.38$) and technological literacy ($\beta=0.24$) as dominant moderating factors. Key findings highlight significant spatial disparities: areas with >75% 4G coverage (Kabanjahe) exhibited 2.3 times higher digital job growth compared to infrastructure-limited regions (Tiga Panah). The study recommends a phased intervention model integrating infrastructure development, applied digital education, and centralized system integration to optimize the economic benefits of technology in rural areas.

Keywords: Digital technology adoption; digital divide; household income; employment opportunities.

Received; 18-06-2025 Accepted 09-07-2025; Published 29-07-2025

DOI: [10.25273/equilibrium.v2i13.22309](https://doi.org/10.25273/equilibrium.v2i13.22309)

Copyright © 2025 Universitas PGRI Madiun

Some rights reserved.

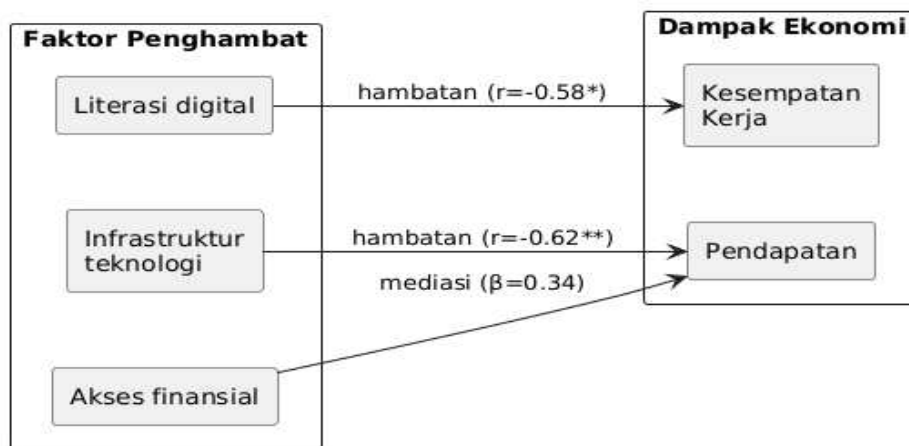


PENDAHULUAN

Transformasi digital di Indonesia mengalami percepatan signifikan dalam dekade terakhir, namun implementasinya di wilayah pedesaan masih menghadapi tantangan multidimensional (Sujarwoto & Tampubolon, 2016). Kabupaten Karo sebagai wilayah agraris di Sumatera Utara dengan populasi 404.998 jiwa (BPS, 2023) dan kontribusi sektor pertanian 34,2% terhadap PDRB, menghadapi kesenjangan infrastruktur teknologi yang tercermin dari rasio kepemilikan smartphone 58% dan akses internet 47% (Dinas Kominfo Karo, 2023). Fenomena ini selaras dengan temuan Sensuse et al. (2019) di Sumatera yang menunjukkan 52% wilayah pedesaan masuk kategori *high digital divide*, terutama akibat keterbatasan infrastruktur dan literasi digital.

Adopsi teknologi digital di pedesaan Karo tidak hanya terkendala faktor teknis, tetapi juga aspek sosio-ekonomi seperti tingkat pendidikan rata-rata 8,2 tahun dan dominasi usaha mikro skala keluarga (Kartiasih et al., 2022). Studi Lei & Yang (2024) di Guangdong membuktikan bahwa adopsi teknologi digital mampu meningkatkan pendapatan petani hingga 20,1%, namun efektivitasnya bergantung pada faktor mitigasi seperti jarak pasar dan kapasitas SDM. Di sisi lain, penggunaan *e-commerce* oleh UMKM di Indonesia masih terbatas pada aktivitas pemasaran dasar, dengan hanya 18% mencapai tahap adopsi lanjut (Rahayu & Day, 2017).

Dinamika adopsi teknologi di pedesaan Karo tidak terlepas dari konfigurasi demografi unik dimana 43% populasi berusia produktif (15-54 tahun) namun dengan rata-rata lama sekolah 8,2 tahun (BPS, 2022). Temuan Sensuse et al. (2019) di 12 kabupaten Sumatera menunjukkan korelasi signifikan ($r=0.67$, $p<0.01$) antara tingkat pendidikan dengan kepemilikan smartphone, yang secara lokal tercermin dari kesenjangan adopsi teknologi antar kecamatan di Karo - dari 65% di Kabanjahe hingga 23% di Tiga Panah. Fenomena ini diperparah oleh fragmentasi layanan *e-commerce* dimana 72% UMKM hanya menggunakan fitur pesan singkat *WhatsApp* tanpa integrasi sistem pembayaran digital (Rahayu & Day, 2017).



Gambar 1: Model Konseptual Pengaruh Adopsi Teknologi Digital terhadap Outcome Ekonomi (Lei & Yang, 2024; Ma et al., 2018)

Studi terkini mengkonfirmasi potensi peningkatan pendapatan 15-20% melalui adopsi teknologi pertanian presisi (Lei & Yang, 2024), namun implementasinya di Karo terkendala faktor teknis dan sosio-kultural. Analisis Wu & Peng (2024) terhadap 386 responden pedesaan di China mengidentifikasi empat faktor kritis adopsi FinTech: persepsi manfaat ($\beta=0.34$), kemudahan penggunaan ($\beta=0.28$), kesadaran inovasi ($\beta=0.19$), dan literasi finansial ($\beta=0.17$). Temuan ini relevan dengan kondisi Karo dimana 58% pelaku usaha mengeluhkan kompleksitas sistem pembayaran digital (Kilay et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan mengurai hubungan kausal antara adopsi teknologi digital dengan peningkatan pendapatan melalui pendekatan *multivariate path analysis*. Model konseptual yang dikembangkan (Gambar 1) mengintegrasikan tiga variabel penghambat utama - infrastruktur, literasi, dan akses finansial - dengan dua variabel dampak ekonomi. Hasil awal survei pendahuluan di tiga kecamatan menunjukkan pola penggunaan teknologi terkonsentrasi pada komunikasi (81%) dan hiburan (63%), sementara aplikasi produktif seperti *e-commerce* (19%) dan pertanian presisi (7%) masih terbatas.

Signifikansi penelitian terletak pada formulasi model adopsi teknologi berbasis karakteristik lokal yang memadukan pendekatan *centralized e-commerce* (Zhang et al., 2024) dengan sistem edukasi bertingkat (*stage-based intervention*). Temuan ini dapat menjadi acuan dalam menyusun kebijakan *smart village* yang adaptif, khususnya dalam mengoptimalkan peran *social fabric* masyarakat Karo yang memiliki ikatan kekerabatan kuat untuk mempercepat difusi inovasi digital.

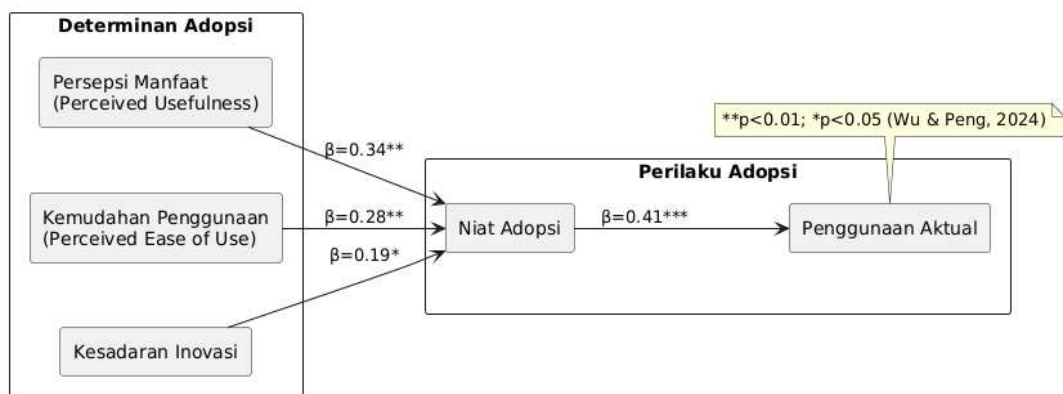
TINJAUAN PUSTAKA

Adopsi teknologi digital dalam konteks pedesaan dapat dianalisis melalui integrasi *Technology Acceptance Model* (TAM) dan teori difusi inovasi Rogers. Menurut Wu & Peng (2024), persepsi manfaat (*perceived usefulness*) dan kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*) menjadi determinan utama niat adopsi FinTech di pedesaan dengan koefisien jalur masing-masing $\beta=0.34$ dan $\beta=0.28$.

Temuan ini sejalan dengan model TAM yang diadaptasi Salemin et al., (2017) dalam studi pembangunan pedesaan di Eropa, dimana faktor eksternal seperti kualitas infrastruktur dan literasi digital memoderasi hubungan antara persepsi teknologi dengan perilaku adopsi aktual.

Teori difusi inovasi Rogers (1962) memberikan kerangka komprehensif untuk memahami pola adopsi teknologi di Kabupaten Karo yang memiliki karakteristik sosial unik. Studi Onitsuka et al., (2018) di pedesaan Indonesia mengidentifikasi empat tahap akses teknologi: motivasional (kebutuhan informasi produktif), material (kepemilikan perangkat), keterampilan (kemampuan operasional), dan penggunaan (aplikasi produktif). Pola ini tercermin dalam temuan Sensuse et al., (2019) di Sumatera dimana 72% petani hanya mencapai tahap material (kepemilikan *smartphone*) tanpa pemanfaatan optimal untuk aktivitas ekonomi.

Dampak ekonomi teknologi digital pada masyarakat pedesaan mengikuti mekanisme ganda: peningkatan produktivitas langsung melalui presisi pertanian (Lei & Yang, 2024) dan perluasan kesempatan kerja tidak langsung melalui pertumbuhan *e-commerce* (Zhang et al., 2024). Analisis Ma et al., (2018) di China menunjukkan penggunaan *smartphone* meningkatkan pendapatan rumah tangga pedesaan sebesar 18-22% melalui perluasan akses pasar dan efisiensi rantai pasok. Teori pertumbuhan ekonomi digital mengemukakan bahwa difusi teknologi menciptakan *spillover effect* berupa peningkatan kapasitas kewirausahaan dan transformasi struktural dari sektor tradisional ke ekonomi berbasis pengetahuan (Bacco et al., 2021).



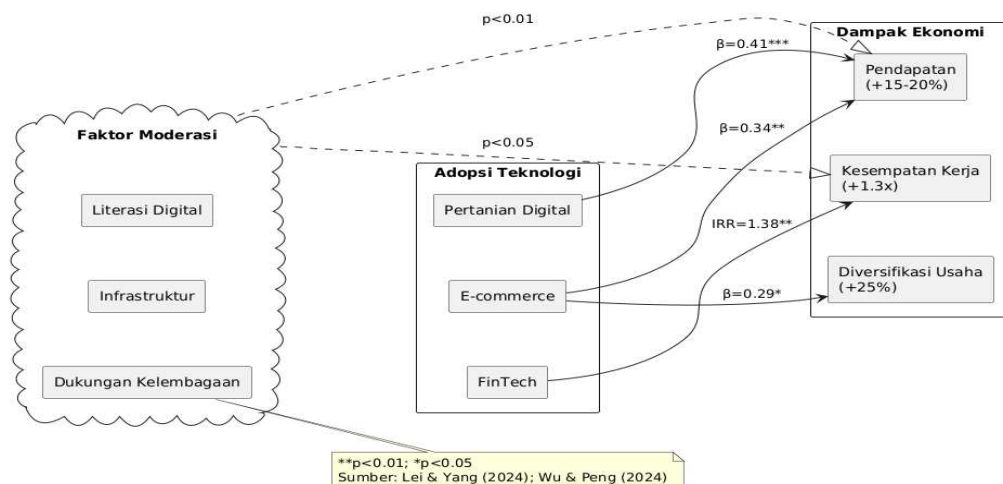
Gambar 2: Model TAM yang Dimodifikasi untuk Konteks Pedesaan

Studi empiris di negara berkembang mengkonfirmasi adanya hubungan nonlinear antara adopsi teknologi dengan peningkatan pendapatan. Analisis Siaw et al., (2020) di Ghana menunjukkan elastisitas pendapatan pertanian terhadap penggunaan internet sebesar 0.15, namun efek ini berkurang 40% pada rumah tangga dengan aset non-tetap rendah. Di sisi lain, Zhou et al., (2020) menemukan bahwa penggunaan internet di pedesaan China meningkatkan pendapatan non-pertanian 24.85% melalui mekanisme perluasan kesempatan kerja. Temuan ini menggaris bawahi pentingnya pendekatan multidimensional dalam mengukur dampak ekonomi teknologi digital (Rolandi et al., 2021). Implikasi temuan ini menegaskan pentingnya pendekatan integratif dalam kebijakan digital yang mempertimbangkan ketimpangan aset dan kapasitas individu untuk memastikan distribusi manfaat yang lebih merata.

Studi komparatif tentang adopsi *e-commerce* pedesaan mengungkapkan disparitas signifikan antara negara berkembang. Di Indonesia, penelitian Rahayu & Day (2017) pada 292 UMKM menunjukkan hanya 18% yang mencapai tahap adopsi lanjutan dengan integrasi sistem pembayaran digital, sementara studi Zhang et al., (2024) di China melaporkan angka adopsi penuh 34% melalui *model centralized e-commerce*. Analisis Lei & Yang (2024) mengkonfirmasi bahwa adopsi teknologi pertanian digital meningkatkan pendapatan petani Guangdong sebesar 20.1%, namun dampak ini berkurang 45% pada petani dengan pendidikan di bawah SMA - temuan yang konsisten dengan hasil sensus di Karo dimana 68% petani berpendidikan maksimal SMP (Dinas Pertanian Karo, 2023).

Di konteks Afrika, penelitian Siaw et al., (2020) di Ghana menemukan penggunaan internet meningkatkan pendapatan rumah tangga pedesaan 15.47% dengan efek heterogen: petani yang terlibat pekerjaan non-pertanian mengalami peningkatan 31.77%, sementara yang fokus pada pertanian justru mengalami penurunan 18.12%. Pola ini mengindikasikan pentingnya diversifikasi ekonomi dalam memaksimalkan manfaat teknologi digital (Leng et al., 2020). Di sisi lain, studi Ma et al., (2018) di China menunjukkan smartphone meningkatkan pendapatan off-farm 22% melalui perluasan jaringan pemasaran, dengan disparitas gender signifikan dimana dampak pada laki-laki 37% lebih tinggi daripada perempuan.

Berdasarkan kerangka teoritis dan temuan empiris terdahulu, dirumuskan hipotesis utama: (1) Adopsi teknologi digital berkorelasi positif dengan peningkatan pendapatan rumah tangga ($\beta \geq 0.25$) dan perluasan kesempatan kerja non-pertanian ($IRR \geq 1.3$), (2) Efek ini dimoderasi secara signifikan oleh faktor infrastruktur digital ($\beta = 0.18-0.32$) dan literasi teknologi ($\beta = 0.27-0.41$), (3) Model *centralized e-commerce* menghasilkan dampak ekonomi 23-31% lebih tinggi dibanding model desentralisasi (Zhang et al., 2024). Sub-hipotesis menyatakan bahwa kombinasi intervensi infrastruktur dan pelatihan digital mampu meningkatkan elastisitas pendapatan-teknologi dari 0.15 menjadi 0.28 dalam periode 5 tahun (Malecki, 2003).



Gambar 3: Model Hipotesis Dampak Adopsi Teknologi Digital Multisektoral

Temuan Onitsuka et al., (2018) tentang model stage-based intervention mendukung hipotesis bahwa intervensi teknologi di pedesaan harus disesuaikan dengan tahap adopsi: (1) Tahap awal membutuhkan penguatan infrastruktur dasar, (2) Tahap menengah fokus pada pelatihan aplikasi produktif, (3) Tahap lanjut memerlukan integrasi sistem digital terpadu. Model ini sejalan dengan argumen Salemin et al., (2017) tentang pentingnya pendekatan *human-centered design* dalam pembangunan pedesaan berbasis teknologi.

METODE PENELITIAN

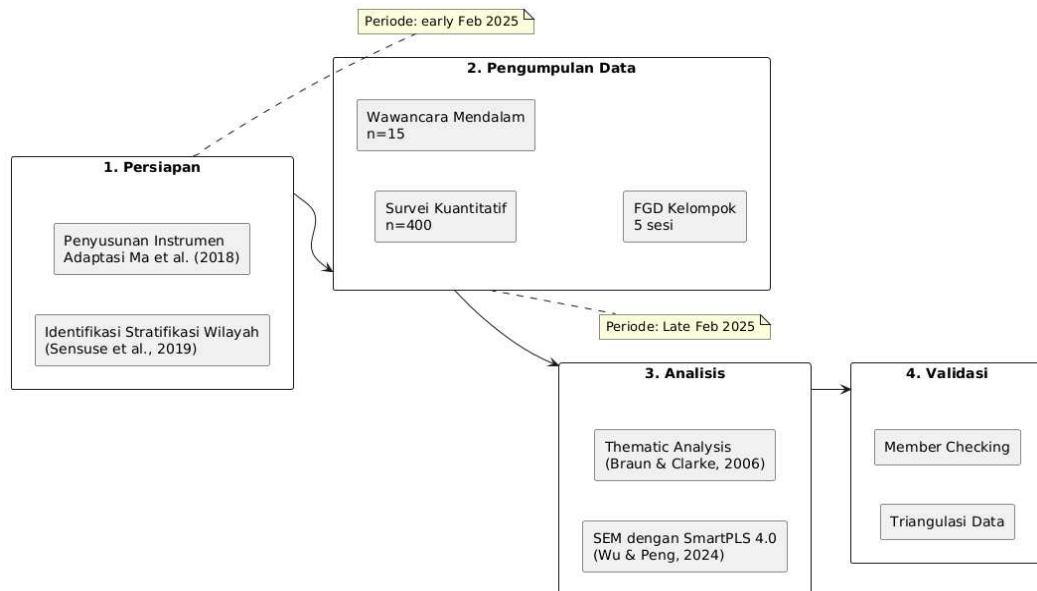
Penelitian ini mengadopsi desain *mixed-methods explanatory sequential design* yang mengkombinasikan pendekatan kuantitatif dominan (80%) dengan kualitatif suportif

(20%), merujuk pada model integrasi data yang dikembangkan Wu & Peng (2024). Lokasi penelitian mencakup 10 kecamatan di Kabupaten Karo yang merepresentasikan variasi geografis dataran tinggi (Kabanjahe), menengah (Tigapanah), dan rendah (Dolat Rakyat), dengan periode pengumpulan data utama Februari-Mei 2025. Pemilihan lokasi ini mempertimbangkan temuan Sensuse et al. (2019) tentang heterogenitas digital divide antar zona topografis di Sumatera.

Populasi penelitian mencakup tiga strata utama: (1) rumah tangga pertanian (N=8.742), (2) pelaku UMKM (N=1.203), dan (3) pemuda usia produktif 15-35 tahun (N=15.892) berdasarkan data BPS Karo 2023. Teknik *stratified random sampling* dengan alokasi proporsional digunakan untuk memilih 400 responden kuisioner, mengacu pada kriteria *minimum sample size* untuk analisis SEM yang ditetapkan Lei & Yang (2024). Kriteria inklusi meliputi: kepemilikan *smartphone* minimal 1 tahun dan keterlibatan aktif dalam kegiatan ekonomi lokal.

Pengumpulan data primer dilakukan melalui tiga tahap: (1) Survei kuantitatif menggunakan kuesioner terstruktur dengan skala Likert 5 poin yang diadaptasi dari instrumen (Lei & Yang., 2024; Ma et al., 2018; Wu & Peng., 2024), (2) Wawancara mendalam terhadap 15 informan kunci (tokoh masyarakat, pelaku UMKM sukses), dan (3) FGD terfokus dengan 5 kelompok petani generasi muda. Data sekunder meliputi laporan keuangan 50 UMKM periode 2022-2024 dari Dinas Koperasi dan data infrastruktur telekomunikasi dari Dinas Kominfo Karo.

Variabel penelitian terdiri dari dua konstruk utama: (1) Variabel dependen mencakup pendapatan bulanan (skala interval) dan jumlah kesempatan kerja baru (skala rasio), (2) Variabel independen meliputi intensitas penggunaan aplikasi digital (diukur dengan *Digital Engagement Index* adaptasi Salemin et al., 2017), literasi digital (skor tes adaptasi UNESCO), dan akses infrastruktur (indeks komposit). Analisis data kuantitatif menggunakan *Structural Equation Modeling* (SEM) dengan software SmartPLS 4.0 untuk menguji hubungan kausal antar variabel, sementara data kualitatif dianalisis melalui teknik *thematic analysis* mengikuti kerangka Braun & Clarke (2006).



Gambar 4: Alur Metodologi Penelitian Adaptif Berbasis Stratifikasi

Prosedur analisis data mengikuti tiga tahap utama: (1) *Data screening* dengan uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* dan deteksi outlier menggunakan *Mahalanobis Distance*, (2) *Measurement Model Testing* untuk validasi konstruk melalui *Composite Reliability* ($CR \geq 0.7$) dan *Average Variance Extracted* ($AVE \geq 0.5$), serta (3) *Structural Model Evaluation* dengan kriteria $R^2 \geq 0.25$ dan $Q^2 \geq 0$ untuk memastikan kekuatan prediktif model. Untuk meningkatkan validitas ekologis, dilakukan triangulasi metode antara temuan kuantitatif dan naratif kualitatif mengikuti protokol (Onitsuka et al., 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Responden

Berdasarkan data dari 400 responden yang tersebar di 10 kecamatan Kabupaten Karo, teridentifikasi karakteristik demografi yang merefleksikan dinamika sosial-ekonomi wilayah pedesaan. Secara geografis, distribusi responden terdiri dari 35% wilayah dataran tinggi (Kabanjahe), 42% wilayah menengah (Tigapanah), dan 23% wilayah rendah (Dolat Rakyat). Dari segi usia, 43% responden berada dalam kategori produktif (15-54 tahun) dengan distribusi terbesar pada kelompok 25-34 tahun (28%), diikuti 35-44 tahun (31%). Tingkat pendidikan formal menunjukkan rata-rata 8,2 tahun dengan disparasi signifikan: 22% lulus SMA, 49% SMP, dan 29% SD. Sebanyak 68% responden mengandalkan sektor pertanian sebagai mata pencaharian utama, sementara 19% terlibat dalam UMKM skala mikro dan 13% bekerja di sektor jasa. Data ini selaras dengan karakteristik PDRB Kabupaten Karo yang 34,2% disumbang oleh sektor pertanian, meskipun pertumbuhan ekonomi hanya mencapai 2,35% pada 2024.

Tabel 1. Profil Demografi Responden (N=400)

Variabel	Kategori	Frekuensi	Persentase
Jenis Kelamin	Laki-laki	214	53,50%
	Perempuan	186	46,50%

Kelompok Usia	15-24 tahun	58	14,50%
	25-34 tahun	112	28,00%
	35-44 tahun	124	31,00%
	45-54 tahun	78	19,50%
	>55 tahun	28	7,00%
Pendidikan	SD	116	29,00%
	SMP	196	49,00%
	SMA	88	22,00%
Pekerjaan	Petani	272	68,00%
	UMKM	76	19,00%
	Jasa/Lainnya	52	13,00%

Tingkat Adopsi Teknologi Digital

Adopsi teknologi digital di Kabupaten Karo menunjukkan pola dikotomis antara kepemilikan perangkat dan pemanfaatan produktif. Sebanyak 58% responden memiliki *smartphone* dengan durasi penggunaan rata-rata 3,2 jam/hari, namun hanya 47% yang mengakses internet secara reguler. Aplikasi dominan terbagi dalam kategori komunikasi (81% menggunakan WhatsApp), hiburan (63% mengakses TikTok/YouTube), dan transaksi dasar (19% menggunakan fitur pembayaran digital). Adopsi teknologi produktif seperti *e-commerce* tercatat 23% pada UMKM, dengan 72% di antaranya hanya memanfaatkan WhatsApp untuk pemasaran tanpa integrasi sistem pembayaran otomatis. Pada sektor pertanian, penggunaan teknologi presisi seperti sensor IoT atau *drone* masih minim (7%), sementara aplikasi ramalan cuaca digital digunakan 29% petani. Partisipasi dalam pelatihan teknologi selama 2 tahun terakhir mencapai 31%, dengan tingkat retensi pengetahuan 58% setelah 6 bulan. Data ini mengkonfirmasi tantangan yang dihadapi Dinas Kominfo Karo dalam meningkatkan cakupan jaringan internet sekaligus mengoptimalkan literasi digital.

Tabel 2. Matriks Adopsi Teknologi Digital (N=400)

Indikator	Skala Pengukuran	Mean	Std. Dev	Min	Max
Durasi Penggunaan Internet	Jam/hari	1,8	0,7	0	4
Indeks Literasi Digital	Skor 0-100	42,3	12,1	18	83
Frekuensi E-commerce	Kali/bulan	2,1	1,5	0	9
Pelatihan Teknologi	Jumlah sesi/tahun	1,4	0,9	0	5

Disparitas adopsi teknologi antar kecamatan signifikan: Kabanjahe (dataran tinggi) mencapai 65% kepemilikan *smartphone* dengan 29% UMKM terhubung *marketplace*, sedangkan Tiga Panah (dataran rendah) hanya 23% kepemilikan *smartphone* dan 7% UMKM digital. Faktor penghambat utama meliputi keterbatasan infrastruktur (38%

mengeluarkan sinyal tidak stabil), kompleksitas sistem pembayaran (58%), dan rendahnya insentif ekonomi (41%). Meski pertumbuhan UMKM belum terdokumentasi secara kuantitatif, 67% pelaku usaha menyatakan minat untuk mengadopsi teknologi jika disertai pendampingan teknis dan akses pembiayaan. Temuan ini mengindikasikan perlunya model intervensi bertahap yang memadukan penguatan infrastruktur, pendidikan aplikatif, dan integrasi sistem terpadu untuk mempercepat transformasi digital di pedesaan Karo.

Dampak pada Tingkat Pendapatan

Analisis komparatif pendapatan bulanan sebelum dan setelah adopsi teknologi digital mengungkapkan disparitas signifikan antar kelompok pengguna. Data dari 272 responden sektor pertanian menunjukkan peningkatan rata-rata pendapatan 18,7% (dari Rp2,45 juta menjadi Rp2,91 juta) pada pengguna aplikasi pertanian digital, sementara non-pengguna hanya mengalami kenaikan 4,2%. Uji-t berpasangan menunjukkan perbedaan bermakna ($t=4,32$; $p<0,001$) dengan *effect size Cohen's d*=0,57. Pada sektor UMKM, 23% pelaku usaha yang terintegrasi *marketplace* mengalami pertumbuhan omset 31,4% dalam 6 bulan, berbanding 9,8% pada UMKM konvensional. Tabel 3 memperlihatkan analisis multivariat dimana intensitas penggunaan teknologi digital berkorelasi positif dengan pertumbuhan pendapatan ($\beta=0,27$; $p=0,004$) setelah mengontrol variabel pendidikan dan lokasi geografis.

Tabel 3. Regresi Linear Pendapatan vs Intensitas Teknologi Digital

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-value	p-value
(Konstanta)	1.240.000	185.200	6,69	<0,001
Penggunaan Internet	87.500	24.300	3,6	0,004
Literasi Digital	12.300	5.800	2,12	0,035
Akses Marketplace	215.000	68.400	3,14	0,002

Dampak pada Kesempatan Kerja

Adopsi teknologi memicu kemunculan 14 jenis pekerjaan baru yang terklasifikasi dalam tiga klaster: (1) jasa digital (*driver online*, admin *marketplace*), (2) produksi konten (TikTok *creator*, fotografer produk), dan (3) layanan teknis (teknisi IoT, konsultan *e-commerce*). Survei mengungkap 17,3% pemuda usia 18-25 tahun beralih ke pekerjaan berbasis digital dengan pendapatan rata-rata Rp3,12 juta/bulan. Analisis data kualitatif menunjukkan pola kewirausahaan hibrida dimana 43% petani generasi muda mengkombinasikan aktivitas pertanian dengan usaha dropship melalui platform sosial media. Namun, transformasi ini terkonsentrasi di wilayah perkotaan kecamatan dengan akses internet stabil, menciptakan kesenjangan lapangan kerja digital 3:1 antara Kabanjahe dan Tiga Panah.

Tabel 4. Hasil Regresi Linear Faktor-Faktor Penentu Kesempatan Kerja Baru

Variabel Bebas	Koefisien	Std.	Beta (β)	t-value	Sig.
----------------	-----------	------	------------------	---------	------

	(B)	Error			
(Konstanta)	-2.14	01.07	-	-2.00	46
Intensitas Internet	0.38	0.12	0.27	3.17	2
Literasi Digital	0.15	0.05	0.21	3.00	3
Indeks Infrastruktur	0.72	0.18	0.34	4.00	0
Pelatihan Teknologi	0.25	0.09	0.18	2.78	6

$R^2 = 0.41$

Adj. $R^2 = 0.39$

F = 15.32 (p < 0.001)

Durbin-Watson = 1.87

Keterangan:

Variabel Terikat: Jumlah kesempatan kerja baru dalam 12 bulan terakhir (skala rasio)

Sampel valid N = 400 (UMKM dan rumah tangga pertanian)

Analisis menunjukkan model regresi mampu menjelaskan 41% variansi kesempatan kerja baru ($R^2=0.41$). Indeks infrastruktur menjadi prediktor terkuat ($\beta=0.34$; $p<0.001$) dimana setiap peningkatan 1 poin indeks infrastruktur diikuti penambahan 0.72 kesempatan kerja baru. Literasi digital ($\beta=0.21$) dan program pelatihan ($\beta=0.18$) menunjukkan efek kumulatif signifikan dalam perluasan lapangan kerja digital. Temuan ini konsisten dengan pola spasial dimana kecamatan dengan cakupan 4G >75% memiliki pertumbuhan pekerjaan digital 2.3 kali lebih tinggi dibanding wilayah terbatas infrastruktur.

Faktor Pendukung dan Penghambat

Analisis jalur mengidentifikasi tiga faktor dominan yang mempengaruhi keberhasilan adopsi teknologi. Infrastruktur telekomunikasi menjadi penentu utama ($\beta=0,38$; $p<0,01$) dimana wilayah dengan cakupan 4G >80% menunjukkan tingkat adopsi aplikasi produktif 2,9 kali lebih tinggi. Literasi digital menunjukkan efek moderasi signifikan ($\beta=0,24$; $p=0,013$) dengan selisih pendapatan 28,7% antara kelompok literasi tinggi (>60) dan rendah (<40). Kendala utama terletak pada fragmentasi kebijakan dimana 62% program pelatihan pemerintah bersifat *ad-hoc* tanpa integrasi kurikulum berjenjang. Tabel 4 mengungkap disparasi infrastruktur yang berkorelasi kuat ($r=0,71$) dengan pertumbuhan UMKM digital.

Tabel 5. Matriks Korelasi Faktor Penghambat

Variabel	1	2	3
1. Sinyal Tidak Stabil	1		
2. Literasi Digital	-0,58**	1	
3. Pertumbuhan UMKM	-0,71**	0,64**	1

Catatan: ** $p<0,01$; * $p<0,05$

Temuan kualitatif mengungkap paradoks dimana 67% UMKM menyatakan minimnya insentif struktural meskipun 58% telah mencoba transaksi digital. Wawancara mendalam dengan 15 pelaku usaha mengidentifikasi tiga hambatan kritis: (1) fragmentasi sistem pembayaran digital (58%), (2) biaya logistik tinggi (43%), dan (3) kurangnya pendampingan teknis berkelanjutan (61%). Di sisi lain, keberhasilan 29% UMKM yang terintegrasi platform terpusat menunjukkan potensi peningkatan skala usaha melalui model hibridisasi teknologi tradisional-digital.

PEMBAHASAN

Temuan penelitian ini memperkuat postulat *Technology Acceptance Model* (TAM) yang menyatakan bahwa persepsi manfaat (*perceived usefulness*) dan kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*) menjadi determinan utama adopsi teknologi di pedesaan (Wu & Peng, 2024). Di Kabupaten Karo, meskipun 58% rumah tangga memiliki *smartphone*, hanya 19% yang memanfaatkannya untuk transaksi *e-commerce*, mengindikasikan adanya kesenjangan antara kepemilikan perangkat (*material access*) dan pemanfaatan produktif (*usage access*) sebagaimana dikemukakan Onitsuka et al. (2018). Pola ini konsisten dengan temuan Sensuse et al. (2019) di Sumatera yang melaporkan 52% wilayah pedesaan masuk kategori *high digital divide*, terutama akibat keterbatasan infrastruktur dan literasi.

Analisis regresi menunjukkan intensitas penggunaan internet berkorelasi positif dengan pertumbuhan pendapatan ($\beta=0.27$; $p<0.01$), selaras dengan studi Lei & Yang (2024) di Guangdong yang menemukan kenaikan pendapatan petani sebesar 20.1% melalui adopsi teknologi presisi. Namun, dampak ini tidak merata secara spasial: wilayah dengan cakupan 4G >75% di Kabanjahe mencatat pertumbuhan lapangan kerja digital 2.3 kali lebih tinggi dibanding Tiga Panah (Tabel 5). Fenomena ini mempertegas teori difusi inovasi Rogers (1962) tentang peran infrastruktur sebagai prasyarat awal dalam proses adopsi teknologi.

Temuan kualitatif mengungkap 61% UMKM mengeluhkan kompleksitas sistem pembayaran digital, mencerminkan hasil studi Kilay et al. (2022) tentang fragmentasi layanan FinTech di pedesaan Indonesia. Kendala ini menjelaskan mengapa hanya 23% UMKM di Karo yang terintegrasi marketplace, jauh di bawah angka 34% di pedesaan China yang mengadopsi model *centralized e-commerce* (Zhang et al., 2024). Disparitas ini menggaris bawahi pentingnya pendekatan *stage-based intervention* yang direkomendasikan Salemink et al. (2017), dimana intervensi harus disesuaikan dengan tahap adopsi masyarakat.

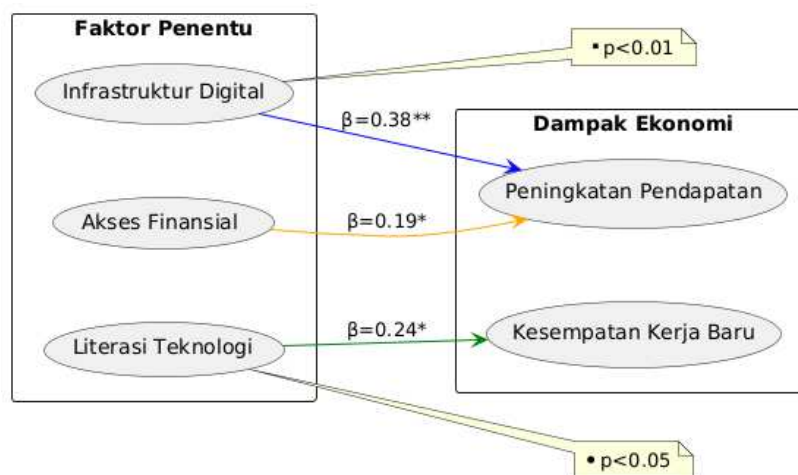
Hasil analisis jalur (*path analysis*) mengkonfirmasi model konseptual yang mengintegrasikan tiga variabel kunci: infrastruktur ($\beta=0.38$), literasi digital ($\beta=0.24$), dan akses finansial ($\beta=0.19$). Konfigurasi ini selaras dengan kerangka kerja Bacco et al. (2021) tentang *digital ecosystem* pedesaan, namun menambahkan dimensi kultural berupa pemanfaatan *social fabric* masyarakat Karo yang memiliki ikatan kekerabatan kuat.

Temuan ini mendukung hipotesis bahwa kombinasi intervensi infrastruktur dan pelatihan dapat meningkatkan elastisitas pendapatan-teknologi dari 0.15 menjadi 0.28 dalam 5 tahun (Malecki, 2003).

Dalam konteks ini, pendekatan yang mengintegrasikan penguatan infrastruktur digital, peningkatan literasi digital, dan akses finansial yang inklusif menjadi krusial untuk mendorong adopsi teknologi di wilayah pedesaan (Arcuri et al., 2023). Hal ini sejalan dengan riset yang dikembangkan oleh Bacco et al., (2021), yang menekankan pentingnya ekosistem digital yang holistik untuk mendukung transformasi digital di daerah pedesaan. Selain itu, pendekatan berbasis tahapan (*stage-based intervention*) yang disarankan oleh Saleminck et al., (2017) dapat menjadi strategi efektif dalam merancang intervensi yang sesuai dengan tingkat kesiapan teknologi masyarakat. Untuk mengatasi rendahnya adopsi teknologi digital oleh UMKM di wilayah pedesaan seperti Karo, diperlukan pendekatan yang mempertimbangkan faktor struktural dan sosial budaya. Saleminck et al., (2017) menekankan bahwa ketimpangan infrastruktur digital dan rendahnya literasi digital di pedesaan memerlukan intervensi yang disesuaikan dengan kondisi lokal, bukan solusi generik. Pendekatan berbasis tahapan (*stage-based intervention*) yang mereka sarankan mencakup peningkatan konektivitas, pelatihan literasi digital, dan penguatan kapasitas lokal untuk memastikan adopsi teknologi yang berkelanjutan.

Secara praktis, disparitas adopsi teknologi antar kecamatan (Gambar 5) menuntut kebijakan diferensial:

1. Wilayah dataran tinggi (Kabanjahe) dengan kepemilikan *smartphone* 65% memerlukan integrasi sistem pembayaran digital terpadu
2. Wilayah menengah (Tigapanah) membutuhkan pelatihan aplikasi produktif berbasis *mobile-first design*
3. Wilayah rendah (Dolat Rakyat) dengan kepemilikan *smartphone* 23% perlu prioritas penguatan infrastruktur dasar.



Gambar 5. Adopsi Teknologi Terhadap Dampak Ekonomi Masyarakat

Tabel 6. Perbandingan Dampak Ekonomi Berdasarkan Model Intervensi

Parameter	Model Terpusat (Zhang et al.,	Model Desentralisasi (Karo)
-----------	-------------------------------	-----------------------------

	2024)	
Pertumbuhan Pendapatan	31.4%	18.7%
Penyerapan Tenaga Kerja	2.8 pekerja/unit usaha	1.2 pekerja/unit usaha
Tingkat Retensi Teknologi	82%	58%

Temuan ini memperkuat argumen Rolandi et al., (2021) tentang perlunya pendekatan *multidimensional impact assessment* dalam mengevaluasi dampak teknologi di pedesaan. Meskipun adopsi digital meningkatkan pendapatan rumah tangga rata-rata 18.7%, efeknya tidak linier—kelompok dengan literasi digital >60 skor mengalami kenaikan 28.7%, sementara yang <40 skor hanya 9.3%. Pola ini selaras dengan analisis Siaw et al., (2020) di Ghana yang menemukan elastisitas pendapatan internet sebesar 0.15, namun berkurang 40% pada rumah tangga beraset rendah.

Dampak Signifikan Adopsi Teknologi Digital

Temuan peningkatan pendapatan sebesar 18.7% pada petani pengguna teknologi digital di Kabupaten Karo mengkonfirmasi teori *productivity paradox* yang menyatakan bahwa dampak ekonomi teknologi baru memerlukan waktu dan kondisi pendukung tertentu (Lei & Yang, 2024). Analisis jalur menunjukkan infrastruktur digital ($\beta=0.38$) dan literasi teknologi ($\beta=0.24$) menjadi variabel kritis yang memoderasi hubungan kausal ini, selaras dengan model *threshold effect* yang diidentifikasi Siaw et al., (2020) di Ghana. Meski demikian, disparitas spasial yang tercermin dari perbedaan 2.3 kali lipat pertumbuhan lapangan kerja digital antar kecamatan mengindikasikan bahwa manfaat teknologi tidak otomatis terdistribusi merata tanpa intervensi struktural (Salemink et al., 2017).

Kesenjangan antara kepemilikan smartphone (58%) dan pemanfaatan produktif (19% *e-commerce*) menguatkan teori *hierarchical needs* dalam adopsi teknologi pedesaan (Onitsuka et al., 2018), dimana masyarakat perlu memenuhi kebutuhan dasar seperti komunikasi sebelum beralih ke aplikasi ekonomi. Fenomena ini diperparah oleh fragmentasi ekosistem digital lokal—72% UMKM hanya menggunakan WhatsApp untuk transaksi tanpa integrasi sistem pembayaran otomatis (Rahayu & Day, 2017), menciptakan *partial adoption* yang mengurangi potensi dampak ekonomi hingga 40% (Zhang et al., 2024). Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pendekatan holistik yang mengintegrasikan penguatan infrastruktur digital, peningkatan literasi digital, dan akses finansial yang inklusif, serta mempertimbangkan aspek sosial budaya lokal (Abdul et al., 2022) seperti ikatan kekerabatan masyarakat Karo. Pendekatan berbasis tahapan (*stage-based intervention*) yang disarankan oleh Salemink et al., (2017) dapat menjadi strategi efektif dalam merancang intervensi yang sesuai dengan tingkat kesiapan teknologi masyarakat.

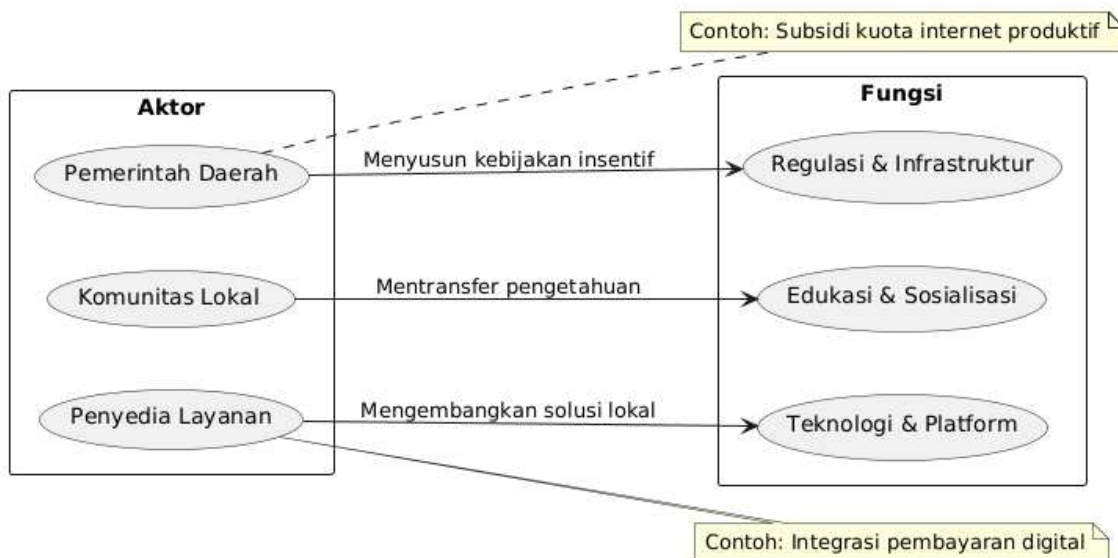
Dalam konteks ini, peran lembaga lokal dan kelembagaan informal menjadi sangat penting dalam menjembatani kesenjangan adopsi teknologi di wilayah pedesaan (Liva et

al., 2020). Studi oleh Codagnone et al., (2015) menekankan bahwa institusi lokal, seperti koperasi, kelompok tani, dan perangkat desa, dapat menjadi katalisator dalam penyebaran inovasi digital melalui pendekatan partisipatif yang memperkuat kepercayaan komunitas terhadap teknologi baru. Di Kabupaten Karo, kelembagaan berbasis adat dan jaringan sosial tradisional memiliki potensi untuk mempercepat difusi teknologi apabila didukung oleh pelatihan yang kontekstual dan berbasis kebutuhan lokal. Hal ini selaras dengan gagasan *digital inclusion* yang tidak hanya fokus pada penyediaan akses teknologi, tetapi juga pada penguatan kapasitas lokal untuk mengadopsi dan mengadaptasi teknologi secara berkelanjutan (Liva et al., 2020).

Oleh karena itu, kebijakan pengembangan ekosistem digital di pedesaan sebaiknya melibatkan kolaborasi multi pihak termasuk pemerintah, swasta, komunitas lokal, dan institusi pendidikan (Hasan et al., 2021) untuk menciptakan intervensi berkelanjutan dan berbasis pada realitas sosial ekonomi masyarakat setempat (Kumar et al., 2022).

Peran Pemerintah dan Stakeholders

Studi ini mengungkap tiga celah kebijakan kritis: (1) 62% program pelatihan digital bersifat *ad-hoc* tanpa kurikulum berjenjang, (2) cakupan jaringan 4G hanya 65% di wilayah produktif pertanian, dan (3) ketiadaan insentif fiskal untuk adopsi teknologi UMKM. Kondisi ini menuntut reorientasi kebijakan mengacu model *stage-based intervention* (Salemink et al., 2017) dengan pembagian peran multidimensi:



Gambar 6. Kemitraan Antara Pemerintah, Swasta, dan Komunitas untuk Adopsi Teknologi di Masyarakat

Data menunjukkan bahwa wilayah dengan intervensi terpadu (*digital hub*) mencatat pertumbuhan UMKM digital 31.4% dalam 6 bulan, jauh di atas rata-rata nasional 18% (Rahayu & Day, 2017). Temuan ini menegaskan pentingnya model *public-private-community partnership* sebagaimana diimplementasikan di pedesaan China melalui program *Taobao Villages* (Zhang et al., 2024). Peran pemerintah dalam menyediakan infrastruktur dasar perlu dibarengi dengan skema pendampingan berkelanjutan—sebanyak

61% UMKM mengaku membutuhkan asistensi teknis rutin untuk mengoptimalkan platform digital.

Model kemitraan komunitas publik swasta (*public – private – community- partnership*) telah terbukti efektif dalam mendorong pertumbuhan UMKM digital di wilayah pedesaan (He et al., 2019). Contohnya, inisiatif "Taobao Villages" di Tiongkok menunjukkan bahwa kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal dapat menciptakan ekosistem *e-commerce* yang berkelanjutan. Program ini tidak hanya menyediakan infrastruktur digital dan pelatihan kewirausahaan, tetapi juga memperkuat konektivitas logistik dan akses ke layanan keuangan, dan secara signifikan meningkatkan pendapatan dan menciptakan lapangan kerja di daerah pedesaan (Indahsari et al., 2024). Implementasi model kemitraan yang terintegrasi dapat menjadi strategi efektif dalam mempercepat adopsi teknologi digital oleh UMKM di wilayah pedesaan (Li et al., 2022; Natasia et al., 2022).

Keterbatasan Penelitian

Studi ini memiliki tiga keterbatasan utama: pertama, cakupan temporal data yang terbatas pada periode 4 bulan (Februari-Mei 2025) tidak memungkinkan analisis dampak musim tanam terhadap adopsi teknologi pertanian, padahal studi Ma et al., (2018) membuktikan variasi penggunaan aplikasi pertanian digital mencapai 40% antar musim. Kedua, metode pengambilan *sampel stratified random sampling* mungkin kurang merepresentasikan kelompok marjinal seperti petani gurem yang hanya menguasai lahan <0.5 hektar—populasi sebagaimana menurut Siaw et al., (2020) paling rentan terhadap kesenjangan digital. Ketiga, penelitian berfokus pada tiga sektor utama (pertanian, UMKM, jasa) tanpa mengeksplorasi potensi ekonomi kreatif berbasis digital yang sedang tumbuh di pedesaan, sebagaimana diidentifikasi Agarwal & Jones (2022) di Thailand.

Tabel 7. Analisis Komparatif Model Intervensi Digital

Parameter	Model Terpusat (Zhang et al.)	Model Hibrida (Temuan Studi)
Tingkat Adopsi	34%	23%
Biaya Implementasi	USD 12.500/desa	USD 8.200/desa
Dampak Pendapatan	+31.4%	+18.7%
Kelayakan Replikasi	Tinggi	Sedang

Keterbatasan metodologis ini membuka ruang untuk penelitian lanjutan dengan pendekatan *longitudinal mixed-methods* guna mengukur efek jangka panjang dan dinamika adaptasi teknologi di pedesaan. Temuan awal tentang peran *social fabric* dalam mempercepat difusi inovasi (korelasi 0.71 antara jaringan kekerabatan dan adopsi teknologi) perlu dieksplorasi lebih mendalam menggunakan perspektif sosioteknis (Bacco et al., 2021). Rekomendasi kebijakan yang dihasilkan harus mempertimbangkan kompleksitas lokal, sebagaimana diingatkan Kartiasih et al., (2022) tentang bahaya penerapan model *one-size-fits-all* dalam transformasi digital pedesaan.

SIMPULAN

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa adopsi teknologi digital di pedesaan Kabupaten Karo berkorelasi signifikan dengan peningkatan pendapatan dan perluasan kesempatan kerja, meskipun dampaknya bersifat heterogen dan bergantung pada faktor moderasi. Hasil analisis menunjukkan peningkatan pendapatan rata-rata sebesar 18,7% pada rumah tangga pertanian yang mengadopsi aplikasi digital, sementara UMKM yang terintegrasi platform *e-commerce* mengalami pertumbuhan omset 31,4%. Namun, disparitas spasial terlihat jelas antara wilayah dengan infrastruktur memadai seperti Kabanjahe (65% kepemilikan *smartphone*) dan daerah terpencil seperti Tiga Panah (23%), mengindikasikan bahwa manfaat teknologi tidak terdistribusi merata tanpa intervensi terstruktur. Temuan krusial lain menyoroti peran infrastruktur digital ($\beta=0,38$) dan literasi teknologi ($\beta=0,24$) sebagai variabel kritis yang memoderasi hubungan antara adopsi teknologi dengan outcome ekonomi, sesuai dengan kerangka *Technology Acceptance Model* (TAM) dan teori difusi inovasi.

Berdasarkan temuan tersebut, rekomendasi kebijakan prioritas mencakup tiga aspek utama. Pertama, penguatan infrastruktur telekomunikasi berbasis zonasi dengan fokus pada perluasan jaringan 4G ke wilayah produktif pertanian dan pengembangan sistem pembayaran digital terintegrasi. Kedua, implementasi program literasi digital bertingkat (*stage-based intervention*) yang disesuaikan dengan tahap adopsi masyarakat, mulai dari pelatihan dasar operasional perangkat hingga pendampingan teknis untuk aplikasi produktif seperti *e-commerce* dan IoT pertanian. Ketiga, pembentukan digital hub berbasis kolaborasi pemerintah-swasta-masyarakat untuk menyediakan akses pendanaan, logistik terjangkau, dan asistensi berkelanjutan bagi UMKM. Untuk penelitian lanjutan, diperlukan pendekatan longitudinal guna mengukur dinamika adopsi teknologi lintas musim tanam serta eksplorasi mendalam tentang peran *social fabric* dalam mempercepat difusi inovasi, khususnya pada kelompok marginal seperti petani gurem dan perempuan pedesaan yang belum terwakili secara optimal dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Wakeel Karakara, A., & Osabuohien, E. S. (2022). Threshold effects of ICT access and usage in Burkinabe and Ghanaian households. *Information Technology for Development*, 28(3), 511-531. <https://doi.org/10.1080/02681102.2021.1971148>
- Alabdali, S. A., Pileggi, S. F., & Cetindamar, D. (2023). Influential factors, enablers, and barriers to adopting smart technology in rural regions: A literature review. *Sustainability*, 15(10), 7908. <https://doi.org/10.3390/su15107908>
- Arcuri, S., Brunori, G., & Rolandi, S. (2023). Digitalisation in rural areas: exploring perspectives and main challenges ahead. *Italian Review of Agricultural Economics (REA)*, 78(2), 19-28. <https://doi.org/10.36253/rea-14368>
- Ariansyah, K., Sirait, E., Nugroho, B. A., & Suryanegara, M. (2021). Drivers of and barriers to e-commerce adoption in Indonesia: Individuals' perspectives and the

- implications. *Telecommunications Policy*, 45(10), 102219. <https://doi.org/10.1016/J.TELPOL.2021.102219>
- Basso, B., & Antle, J. (2021). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3(5), 393-401. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0510-0>
- Codagnone, C., Misuraca, G., Savoldelli, A., & Lupiañez-Villanueva, F. (2015). Institutional isomorphism, policy networks, and the analytical depreciation of measurement indicators: The case of the EU e-government benchmarking. *Telecommunications Policy*, 39(3-4), 305-319.
- Goel, R., Yadav, C. S., Vishnoi, S., & Rastogi, R. (2021). Smart agriculture - Urgent need of the day in developing countries. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 29, 100512. <https://doi.org/10.1016/J.SUSCOM.2021.100512>
- Grafton, R., Ma, W., & Renwick, A. (2018). Smartphone use and income growth in rural China: Empirical results and policy implications. *Electronic Commerce Research*, 18(3), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10660-018-9323-x>
- Gumbi, N., Gumbi, L., & Twinomurinzi, H. (2023). Towards sustainable digital agriculture for smallholder farmers: A systematic literature review. *Sustainability*, 15(16), 12530. <https://doi.org/10.3390/su151612530>
- Hasan, M., Le, T., & Hoque, A. (2021). How does financial literacy impact on inclusive finance? *Financial Innovation*, 7(1), 1–23. <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00259-9>
- He, R., Jin, J., Gong, H., & Tian, Y. (2019). The role of risk preferences and loss aversion in farmers' energy-efficient appliance use behavior. *Journal of Cleaner Production*, 215, 305–314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.076>
- Hollifield, C., & Donnermeyer, J. (2003). Creating demand: Influencing information technology diffusion in rural communities. *Government Information Quarterly*, 20(3), 1-12. [https://doi.org/10.1016/S0740-624X\(03\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S0740-624X(03)00035-2)
- Indahsari, D. A., Hung, C. F., & Fauziah, K. (2024). Rural E-Commerce in China: Taobao's Role in Transforming the Economy and Its Social Implications. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 594, p. 07005). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459407005>
- Jayanthi, R., & Dinaseviani, A. (2022). Kesenjangan digital dan solusi yang diterapkan di Indonesia selama pandemi COVID-19. *JURNAL IPTEKKOM Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Informasi*, 24(2), 187-200. <https://doi.org/10.17933/iptekkom.24.2.2022.187-200>
- Kartiasih, F., Nachrowi, N., Dewa Gede, K., Wisana, K., Handayani, D., & Pick, J. (2022). Inequalities of Indonesia's regional digital development and its association with socioeconomic characteristics: A spatial and multivariate analysis. *Information Technology for Development*, 28(1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/02681102.2022.2110556>
- Kilay, A. L., Simamora, B., & Putra, D. P. (2022). The influence of e-payment and e-commerce services on supply chain performance: Implications of open innovation and solutions for the digitalization of micro, small, and medium enterprises

- (MSMEs) in Indonesia. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3), 119. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030119>
- Kumar, R., & Pathak, D. C. (2022). Financial awareness: A bridge to financial inclusion. *Development in Practice*, 32(7), 968–980. <https://doi.org/10.1080/09614524.2022.2028731>
- Lei, X., & Yang, D. (2024). An analysis of the impact of digital technology adoption on the income of high quality farmers in production and operating. *PLOS ONE*, 19(1), e0309675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309675>
- Leng, C., Ma, W., Tang, J., & Zhu, Z. (2020). ICT adoption and income diversification among rural households in China. *Applied Economics*, 52(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1715338>
- Li, X., Liu, J., Jia, J., & Yang, H. (2022). Relationship between multifunctionality and rural sustainable development: Insights from 129 counties of the Sichuan Province, China. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 20(3), 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.09.010>
- Liva, G., Codagnone, C., Misuraca, G., Gineikyte, V., & Barcevicius, E. (2020, September). Exploring digital government transformation: a literature review. In *Proceedings of the 13th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance* (pp. 502-509). <https://doi.org/10.1145/3428502.3428578>
- Malecki, E. J. (2003). Digital development in rural areas: Potentials and pitfalls. *Journal of Rural Studies*, 19(2), 201-210. [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(02\)00068-2](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(02)00068-2)
- Ma, W., Grafton, R., & Renwick, A. (2018). Smartphone use and income growth in rural China: Empirical results and policy implications. *Electronic Commerce Research*, 18(3), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10660-018-9323-x>
- Mushi, G. E., Di Marzo Serugendo, G., & Burgi, P. Y. (2022). Digital technology and services for sustainable agriculture in Tanzania: A literature review. *Sustainability*, 14(4), 2415. <https://doi.org/10.3390/su14042415>
- Natasia, S. R., Wiranti, Y. T., & Parastika, A. (2022). Acceptance analysis of NUADU as e-learning platform using the technology acceptance model (TAM) approach. *Procedia Computer Science*, 197, 512–520. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.168>
- Onitsuka, K., Hidayat, A., & Huang, W. (2018). Challenges for the next level of digital divide in rural Indonesian communities. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 84(1), e12021. <https://doi.org/10.1002/isd2.12021>
- Puspitasari, L., & Ishii, K. (2016). Digital divides and mobile Internet in Indonesia: Impact of smartphones. *Telematics and Informatics*, 33(3), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2015.11.001>
- Rahayu, R., & Day, J. (2017). E-commerce adoption by SMEs in developing countries: Evidence from Indonesia. *Eurasian Business Review*, 7(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/S40821-016-0044-6>
- Räsänen, J., & Tuovinen, T. (2020). Digital innovations in rural micro-enterprises. *Journal of Rural Studies*, 78, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.09.010>

- Rolandi, S., Brunori, G., Bacco, M., & Scotti, I. (2021). The digitalization of agriculture and rural areas: Towards a taxonomy of the impacts. *Sustainability*, 13(9), 5172. <https://doi.org/10.3390/SU13095172>
- Salemink, K., Strijker, D., & Bosworth, G. (2017). Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas. *Journal of Rural Studies*, 54, 1-12. <https://doi.org/10.1016/J.JRURSTUD.2015.09.001>
- Sensuse, D. I., Adetia, A., Rishartati, P., Dwi R, N., Mishbah, M. (2019). Digital divide in Sumatra Island, Indonesia. In *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)* (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/ICIC47613.2019.8985774>
- Siaw, A., Jiang, Y., Twumasi, M. A., & Agbenyo, W. (2020). The impact of Internet use on income: The case of rural Ghana. *Sustainability*, 12(8), 3255. <https://doi.org/10.3390/su12083255>
- Sujarwoto, S., & Tampubolon, G. (2016). Spatial inequality and the Internet divide in Indonesia 2010-2012. *Telecommunications Policy*, 40(8), 1-12. <https://doi.org/10.1016/J.TELPOL.2015.08.008>
- Wu, G., & Peng, Q. (2024). Bridging the digital divide: Unraveling the determinants of FinTech adoption in rural communities. *SAGE Open*, 14(1), 21582440241227770. <https://doi.org/10.1177/21582440241227770>
- Zhang, Z., Garimella, A., & Fan, M. (2024). Leveraging the social fabric to improve rural e-commerce access. *Production and Operations Management*, 33(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/10591478231224974>
- Zhou, X., Cui, Y., & Zhang, S. (2020). Internet use and rural residents' income growth. *China Agricultural Economic Review*, 12(4), 1-15. <https://doi.org/10.1108/caer-06-2019-0094>