Volume 6 Issue 2 (2026) Pages 673 - 683
Bata Ilyas Educational Management Review
ISSN : 2828-2256 (Online)

Peran Smart Farming Dan Digital Supply Chain dalam Meningkatkan Produktivitas Petani Cabai Di Kabupaten Deli Serdang

Zahri Fadli[1]
[1] Akuntansi Perpajakan, Politeknik Unggul LP3M

Abstrak
Produktivitas petani cabai ditentukan oleh ketepatan keputusan budidaya dan kelancaran akses informasi pasar. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh smart farming dan digital supply chain terhadap produktivitas petani cabai di Kabupaten Deli Serdang. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan survei cross-sectional terhadap 150 petani cabai di empat kecamatan sentra produksi yang dipilih secara purposive. dikumpulkan melalui kuesioner skala Likert lima tingkat dan dianalisis dengan Partial Least Squares–Structural Equation Modeling (PLS-SEM) melalui bootstrapping 3.000 sub-sampel. Model pengukuran memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas (outer loading 0,755–0,868; composite reliability 0,877–0,918; AVE 0,641–0,691). Smart farming berpengaruh positif dan signifikan terhadap produktivitas (β = 0,321; t = 4,83; p < 0,001), demikian pula digital supply chain (β = 0,360; t = 5,10; p < 0,001). Kedua variabel menjelaskan 32,3% varians produktivitas. Hasil ini menunjukkan bahwa penguatan pemanfaatan informasi digital pada sisi budidaya dan sisi pemasaran perlu dilakukan secara bersamaan.

Kata Kunci: smart farming; digital supply chain; produktivitas; petani cabai; Deli Serdang.

Copyright (c) 2026 Zahri Fadli

✉ Corresponding author :
Email: zahrifadli0@gmail.com

PENDAHULUAN

Cabai merupakan komoditas hortikultura yang memiliki arti penting bagi rumah tangga, perdagangan, dan stabilitas pasokan pangan. Sifatnya yang mudah rusak, rentan terhadap perubahan cuaca, serta harganya yang berfluktuasi membuat pengelolaan produksi dan pemasaran menjadi tantangan tersendiri bagi petani. Pada tingkat usaha tani, produktivitas tidak hanya ditentukan oleh luas lahan dan jumlah input, tetapi juga oleh ketepatan keputusan budidaya, kemampuan mengantisipasi gangguan tanaman, dan efisiensi penggunaan tenaga kerja, air, pupuk, serta sarana produksi lainnya.

Peningkatan produktivitas cabai di Sumatera Utara memerlukan perhatian pada teknologi budidaya dan efisiensi usaha tani. Simatupang dkk. (2021), dalam kajian paket teknologi budidaya cabai merah di Karo, melaporkan bahwa penerapan paket teknologi dapat

meningkatkan produksi dibandingkan praktik petani. Temuan tersebut menunjukkan bahwa inovasi teknologi berpotensi memperbaiki hasil produksi, tetapi manfaatnya bergantung pada kesesuaian teknologi, kemudahan penggunaan, dan nilai ekonominya bagi petani.

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah *smart farming*, yaitu pemanfaatan teknologi digital dan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam kegiatan pertanian (Santoso dkk., 2024; Scur dkk., 2023). Bentuknya mencakup sensor kelembapan tanah, pemantauan kondisi tanaman, informasi cuaca, pencatatan kegiatan budidaya, dan sistem pendukung keputusan. Pada petani kecil, *smart farming* tidak selalu berupa instalasi sensor yang kompleks; aplikasi cuaca, informasi digital tentang kondisi tanaman, pencatatan produksi melalui telepon pintar, atau konsultasi budidaya melalui platform digital sudah dapat menjadi bentuk awal pertanian cerdas. Scur dkk. (2023) mengidentifikasi faktor perilaku, teknologi, organisasi, dan lingkungan sebagai penentu adopsi *Internet of Things* (IoT) pada budidaya sayuran. Di Indonesia, Santoso dkk. (2024) menemukan kesiapan petani padi mengadopsi teknologi pertanian presisi masih moderat, Indriasari dkk. (2024) menunjukkan bahwa keterampilan digital dan persepsi kemudahan serta kemanfaatan membentuk adopsi teknologi informasi pada peternak kecil, dan Darmawan dkk. (2026) melaporkan bahwa karakteristik petani dan persepsi inovasi memengaruhi adopsi IoT pada pertanian hortikultura di Jawa Barat.

Di sisi lain, peningkatan produksi belum tentu diikuti peningkatan pendapatan apabila petani menghadapi kendala pemasaran, ketidakpastian harga, keterbatasan informasi pembeli, atau saluran distribusi yang panjang. Karena itu, pengelolaan rantai pasok menjadi bagian penting dari kinerja usaha tani. *Digital supply chain* dalam penelitian ini dipahami sebagai pemanfaatan sarana digital untuk mendukung pertukaran informasi dan koordinasi antara petani, pemasok input, pedagang pengumpul, pengecer, dan pembeli, misalnya melalui aplikasi pesan, akses informasi harga, pencatatan pesanan, koordinasi jadwal panen, dan platform pemasaran digital.

Yadav dkk. (2021) menunjukkan pentingnya indikator kinerja pada sistem ketertelusuran (*traceability*) rantai pasok pertanian berbasis IoT. Frederico (2024) melaporkan bahwa digitalisasi berkaitan dengan praktik manajemen rantai pasok agrifood yang tangguh dan kinerja perusahaan. Dalam konteks Indonesia, kajian mengenai digitalisasi rantai pasok pertanian menyoroti peluang penguatan ketahanan rantai pasok sekaligus tantangan penerapannya pada berbagai aktor (*Digitalization for Agricultural Supply Chains Resilience*, 2024). Pada komoditas cabai, Hasan dkk. (2025) membahas platform lelang digital sebagai cara meningkatkan efisiensi pasar bagi petani, sedangkan Saihani (2026) menyimpulkan bahwa digitalisasi rantai pasok dapat membantu petani kecil memperoleh nilai melalui informasi pasar yang lebih baik, biaya transaksi yang lebih rendah, dan akses pembeli yang lebih luas, dengan syarat infrastruktur dan keterampilan digital memadai.

Meskipun kajian tentang pertanian digital, IoT, dan rantai pasok telah berkembang, sebagian besar studi menelaah kedua topik tersebut secara terpisah dan belum banyak yang mengujinya bersama terhadap produktivitas petani cabai pada konteks lokal Kabupaten Deli Serdang. Kesenjangan ini penting karena produktivitas dipengaruhi oleh sisi budidaya (*on-farm*) sekaligus sisi pemasaran (*off-farm*). Penelitian ini mengintegrasikan keduanya dalam satu model empiris.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis pengaruh *smart farming* terhadap produktivitas petani cabai; (2) menganalisis pengaruh *digital supply chain* terhadap produktivitas petani cabai; dan (3) menjelaskan besarnya kontribusi kedua variabel

secara bersama-sama terhadap produktivitas petani cabai di Kabupaten Deli Serdang. Hasil penelitian diharapkan memperkaya kajian manajemen agribisnis digital serta menjadi masukan bagi petani, kelompok tani, penyuluh, dan pemangku kebijakan dalam merancang program digitalisasi pertanian yang sesuai dengan kebutuhan lokal.

Smart Farming

Smart farming merujuk pada penggunaan teknologi informasi, perangkat digital, dan untuk mendukung keputusan serta pengelolaan kegiatan pertanian (Santoso dkk., 2024). Pada skala usaha tani, penerapannya dapat berupa pemantauan kondisi lahan dan tanaman, penggunaan informasi cuaca, pemanfaatan kebutuhan air, pencatatan kegiatan budidaya, serta akses terhadap rekomendasi teknis melalui media digital. Tingkat penerapan berbeda antarpetani, bergantung pada perangkat, keterampilan digital, biaya, jaringan internet, dan dukungan kelembagaan. Karena penelitian ini berfokus pada petani, pengukuran diarahkan pada tingkat pemanfaatan informasi dan teknologi, bukan pada kepemilikan perangkat IoT tertentu.

Digital Supply Chain

Digital supply chain adalah penggunaan teknologi digital untuk memperlancar arus informasi, koordinasi, dan transaksi dalam rantai pasok. Pada usaha tani cabai, dimensi ini mencakup akses informasi harga, komunikasi dengan pembeli dan pemasok, berbagi informasi volume dan waktu panen, koordinasi pengangkutan, serta penggunaan kanal digital untuk menawarkan produk. Digitalisasi rantai pasok diharapkan mengurangi kesenjangan informasi dan mendukung keputusan penjualan serta distribusi. Yadav dkk. (2021) menekankan pentingnya ketertelusuran dan pengumpulan dalam proses rantai pasok pertanian berbasis IoT.

Produktivitas Petani

Produktivitas petani menggambarkan kemampuan menghasilkan output pertanian dengan memanfaatkan input yang tersedia. Dalam penelitian ini, produktivitas diukur secara persepsional melalui empat indikator, yaitu peningkatan hasil panen per luas lahan, efisiensi input, pengurangan kehilangan hasil, dan kestabilan hasil. Untuk memeriksa kesesuaian persepsi tersebut dengan kondisi nyata, hasil panen aktual (kg/ha per musim) dikumpulkan sebagai pendukung. Dengan demikian konstruk yang dianalisis dalam model PLS-SEM adalah persepsi produktivitas, bukan produktivitas aktual.

Pengembangan Hipotesis

Pemanfaatan informasi digital dapat membantu petani mengambil keputusan budidaya yang lebih tepat, misalnya menentukan waktu penyiraman, mengenali perubahan kondisi tanaman, menyesuaikan tindakan pemeliharaan, dan mengantisipasi cuaca. Perbaikan keputusan tersebut berpotensi meningkatkan hasil atau mengurangi pemborosan input. Studi IoT pada rantai pasok pertanian menunjukkan bahwa teknologi memperkuat pengumpulan dan komunikasi (Yadav dkk., 2021), dan studi pada 70 petani hortikultura di Kabupaten Bandung Barat melaporkan bahwa adopsi *smart farming* berkaitan dengan peningkatan produktivitas (Komara dkk., 2026). Berdasarkan argumentasi tersebut dirumuskan hipotesis berikut.

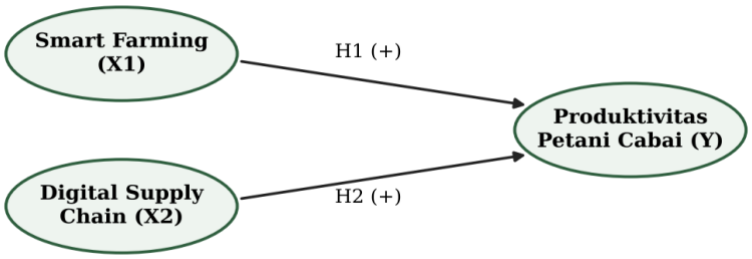
H1: Smart farming berpengaruh positif terhadap produktivitas petani cabai di Kabupaten Deli Serdang.

Informasi harga, permintaan, jadwal pengiriman, dan ketersediaan pembeli membantu petani merencanakan panen dan penjualan. Koordinasi yang lebih baik juga berpotensi mengurangi keterlambatan distribusi dan kehilangan hasil. Kajian digitalisasi rantai pasok

menunjukkan manfaat informasi pasar, biaya transaksi yang lebih rendah, dan akses pembeli yang lebih luas bagi petani kecil (Saihani, 2026), dan kanal digital dapat memperbaiki efisiensi pasar bagi petani cabai (Hasan dkk., 2025). Oleh karena itu, hipotesis kedua dirumuskan sebagai berikut.

H2: Digital supply chain berpengaruh positif terhadap produktivitas petani cabai di Kabupaten Deli Serdang.

Model penelitian menempatkan *smart farming* (X1) dan *digital supply chain* (X2) sebagai variabel independen dan produktivitas petani cabai (Y) sebagai variabel dependen (Gambar 1). Kedua variabel diperkirakan saling berkorelasi, sehingga model diuji dengan memperhitungkan kolinearitas antarprediktor.



Gambar 1. Kerangka konseptual penelitian

METODOLOGI KEGIATAN

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei dan desain cross-sectional. Unit analisis adalah petani cabai yang aktif membudidayakan cabai di Kabupaten Deli Serdang. Lokasi penelitian ditetapkan pada empat kecamatan sentra produksi, yaitu Sibolangit, Namorambe, Pancur Batu, dan Biru-Biru, dengan pengumpulan pada [bulan–bulan 2026].

Populasi adalah seluruh petani cabai aktif di wilayah penelitian. Karena daftar populasi yang lengkap tidak tersedia, responden dipilih dengan purposive sampling berdasarkan kriteria: (1) aktif membudidayakan cabai pada periode penelitian; (2) telah menjalankan usaha tani minimal satu musim tanam; dan (3) bersedia memberikan informasi tentang kegiatan budidaya dan pemasaran. Kebutuhan sampel minimum dihitung dengan G∗Power untuk regresi berganda dengan dua prediktor (ukuran efek $f^2 = 0{,}15$; $\alpha = 0{,}05$; power = 0,80), yaitu 68 responden. Jumlah sampel ditetapkan 150 responden untuk menjaga kestabilan estimasi PLS-SEM dan mengantisipasi yang tidak layak (Hair dkk., 2021).

Data primer dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur dengan skala Likert lima tingkat, dari 1 (sangat tidak setuju) sampai 5 (sangat setuju). Instrumen ditelaah oleh ahli/penyuluh pertanian dan diujicobakan pada petani dengan karakteristik serupa sebelum survei utama. Selain itu, luas lahan dan hasil panen aktual (kg/ha per musim) dicatat sebagai pendukung untuk memeriksa kesesuaian persepsi produktivitas dengan kondisi nyata. Operasionalisasi variabel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Operasionalisasi variabel

Variabel	Kode	Indikator
Smart Farming (X1)	SF1–SF5	Penggunaan informasi cuaca digital (SF1); pemantauan kondisi lahan/tanaman dengan bantuan perangkat digital (SF2); pemanfaatan informasi kebutuhan air (SF3); rekomendasi budidaya melalui media digital (SF4); pencatatan kegiatan budidaya secara digital (SF5)
Digital Supply Chain (X2)	DSC1–DSC5	Akses informasi harga (DSC1); berbagi informasi volume dan jadwal panen (DSC2); komunikasi dengan pembeli dan pemasok (DSC3); koordinasi pengangkutan/distribusi (DSC4); pemanfaatan kanal digital pemasaran (DSC5)
Produktivitas Petani (Y)	P1–P4	Peningkatan hasil panen per luas lahan (P1); efisiensi penggunaan input (P2); pengurangan kehilangan hasil (P3); kestabilan hasil antarmusim (P4)

Analisis menggunakan PLS-SEM dengan path weighting scheme. Tahapan meliputi statistik deskriptif, evaluasi model pengukuran reflektif, dan evaluasi model struktural. Model pengukuran dinilai melalui outer loading (≥ 0,70), Cronbach's alpha dan composite reliability (≥ 0,70), average variance extracted (AVE ≥ 0,50), kriteria Fornell–Larcker, dan heterotrait–monotrait ratio (HTMT < 0,90). Model struktural dinilai melalui variance inflation factor (VIF < 3), koefisien jalur, t-statistic dan p-value dari bootstrapping 3.000 sub-sampel, koefisien determinasi (R^2), serta ukuran efek (f^2) (Hair dkk., 2021). Sebagai pemeriksaan tambahan, skor laten produktivitas dikorelasikan dengan logaritma hasil panen aktual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Responden berjumlah 150 petani cabai. Sebagian besar berjenis kelamin laki-laki (85,3%) dengan rata-rata usia 41,8 tahun (SD = 7,8) dan pengalaman bertani rata-rata 12,9 tahun. Pendidikan terakhir terbanyak adalah SMA/SMK (42,7%). Luas lahan rata-rata 0,71 ha (median 0,61 ha), yang mencerminkan dominasi petani skala kecil, dan 64,0% responden tergabung dalam kelompok tani (Tabel 2). Hasil panen aktual rata-rata 11.771 kg/ha per musim (SD = 2.980).

Tabel 2. Karakteristik responden (N = 150)

Karakteristik	Kategori	Jumlah	%
Jenis kelamin	Laki-laki	128	85,3
	Perempuan	22	14,7
Usia	≤30 tahun	11	7,3
	31–40 tahun	55	36,7
	41–50 tahun	64	42,7
	>50 tahun	20	13,3

Karakteristik	Kategori	Jumlah	%
Pendidikan	SD	27	18,0
	SMP	44	29,3
	SMA/SMK	64	42,7
	Diploma/Sarjana	15	10,0
Pengalaman bertani	≤5 tahun	13	8,7
	6–10 tahun	46	30,7
	11–15 tahun	46	30,7
	>15 tahun	45	30,0
Luas lahan	≤0,5 ha	51	34,0
	0,51–1,0 ha	74	49,3
	>1,0 ha	25	16,7
Kecamatan	Sibolangit	51	34,0
	Namorambe	35	23,3
	Pancur Batu	33	22,0
	Biru-Biru	31	20,7
Kelompok tani	Anggota	96	64,0
	Bukan anggota	54	36,0

Sumber: data penelitian, 2026

Statistik Deskriptif

Rata-rata skor smart farming sebesar 3,76, digital supply chain sebesar 3,64, dan produktivitas sebesar 3,63 dari skala 5 (Tabel 3). Ketiganya berada pada kategori tinggi (3,41–4,20), tetapi simpangan baku antarindikator sekitar 1,0 menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan teknologi masih beragam antarpetani. Indikator tertinggi pada smart farming adalah pemanfaatan informasi kebutuhan air (SF3; 3,82), sedangkan pemantauan kondisi lahan/tanaman dengan perangkat digital (SF2; 3,69) paling rendah. Pada digital supply chain, koordinasi distribusi (DSC4; 3,73) tertinggi dan pemanfaatan kanal pemasaran digital (DSC5; 3,55) terendah. Pola ini menunjukkan bahwa petani lebih akrab dengan penggunaan digital untuk komunikasi dan koordinasi dibandingkan pemasaran daring.

Tabel 3. Statistik deskriptif indikator

Konstruk	Indikator	Rata-rata	SD
Smart Farming	SF1	3,81	1,02
	SF2	3,69	1,10
	SF3	3,82	0,99
	SF4	3,76	0,99
	SF5	3,74	0,97
	Rata-rata konstruk	3,76	
Digital Supply Chain	DSC1	3,63	1,05

Konstruk	Indikator	Rata-rata	SD
	DSC2	3,63	1,03
	DSC3	3,65	1,03
	DSC4	3,73	1,01
	DSC5	3,55	1,06
	Rata-rata konstruk	3,64	
Produktivitas	P1	3,65	1,01
	P2	3,62	1,01
	P3	3,69	1,04
	P4	3,57	1,03
	Rata-rata konstruk	3,63	

Sumber : data penelitian, 2026 Skala 1–5.

Evaluasi Model Pengukuran

Seluruh indikator memiliki outer loading 0,755–0,868, di atas batas 0,70, sehingga tidak ada indikator yang dihapus (Tabel 4). Cronbach's alpha berkisar 0,813–0,888 dan composite reliability 0,877–0,918, sehingga instrumen reliabel. Nilai AVE 0,641–0,691 melampaui 0,50, yang menandakan validitas konvergen. Validitas diskriminan terpenuhi: akar AVE setiap konstruk lebih besar daripada korelasinya dengan konstruk lain (Tabel 5) dan seluruh nilai HTMT (0,438–0,574) berada di bawah 0,90.

Tabel 4. Hasil evaluasi model pengukuran

Konstruk	Indikator	Outer loading	Alpha	CR	AVE
Smart Farming	SF1	0,868	0,888	0,918	0,691
	SF2	0,852			
	SF3	0,809			
	SF4	0,838			
	SF5	0,789			
Digital Supply Chain	DSC1	0,771	0,865	0,902	0,649
	DSC2	0,827			
	DSC3	0,845			
	DSC4	0,813			
	DSC5	0,769			
Produktivitas	P1	0,832	0,813	0,877	0,641
	P2	0,849			
	P3	0,755			
	P4	0,762			

Sumber: data penelitian, diolah dengan PLS-SEM. CR = composite reliability; AVE = average variance extracted.

Tabel 5. Validitas diskriminan (Fornell–Larcker dan HTMT)

Konstruk	SF	DSC	P	HTMT
Smart Farming (SF)	0,832			SF–DSC: 0,438
Digital Supply Chain (DSC)	0,389	0,806		SF–P: 0,538
Produktivitas (P)	0,461	0,485	0,801	DSC–P: 0,574

Sumber: Data penelitian diolah dengan PLS-SEM. Angka tebal pada diagonal adalah akar AVE.

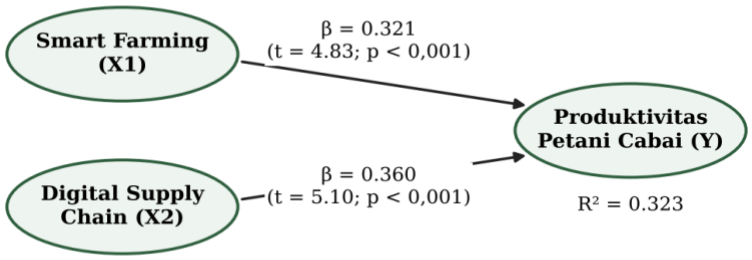
Evaluasi Model Struktural dan Pengujian Hipotesis

Nilai VIF antarprediktor sebesar 1,18 (< 3), sehingga tidak terdapat masalah kolinearitas. Kedua variabel menjelaskan 32,3% varians produktivitas (R^2 = 0,323), yang tergolong moderat. Hasil bootstrapping menunjukkan bahwa smart farming berpengaruh positif dan signifikan terhadap produktivitas (β = 0,321; t = 4,83; p < 0,001), sehingga H1 diterima. Digital supply chain juga berpengaruh positif dan signifikan (β = 0,360; t = 5,10; p < 0,001), sehingga H2 diterima (Tabel 6 dan Gambar 2). Ukuran efek digital supply chain (f^2 = 0,162) sedikit lebih besar daripada smart farming (f^2 = 0,129); keduanya berada pada kategori kecil hingga menengah (Hair dkk., 2021).

Tabel 6. Hasil pengujian hipotesis

Hipotesis	β	t	p	CI 95%	f^2	Keputusan
H1: SF → P	0,321	4,83	< 0,001	[0,197; 0,450]	0,129	Diterima
H2: DSC → P	0,360	5,10	< 0,001	[0,222; 0,502]	0,162	Diterima

Sumber: data diolah dengan PLS-SEM. Bootstrapping 3.000 sub-sampel; R^2 = 0,323; VIF = 1,18.



Gambar 2. Hasil estimasi model struktural (data)

Sebagai pemeriksaan tambahan, skor laten produktivitas berkorelasi positif kuat dengan logaritma hasil panen aktual (r = 0,70). Regresi logaritma hasil panen pada skor laten

menunjukkan bahwa kenaikan satu simpangan baku smart farming dan digital supply chain masing-masing berkaitan dengan peningkatan hasil panen sekitar 7,4% dan 7,6%. Hal ini mendukung bahwa konstruk persepsi yang digunakan sejalan dengan produktivitas aktual, walaupun hubungan ini bersifat asosiatif dan belum membuktikan sebab-akibat.

Pembahasan

Pengaruh smart farming terhadap produktivitas (H1). Hasil menunjukkan bahwa petani yang lebih sering menggunakan informasi cuaca, pemantauan lahan dan tanaman, informasi kebutuhan air, rekomendasi budidaya, dan pencatatan digital menilai produktivitas usaha taninya lebih baik. Penjelasan yang masuk akal adalah bahwa informasi tersebut memperbaiki ketepatan keputusan, seperti waktu tanam, penyiraman, dan pengendalian hama, sehingga hasil meningkat dan pemborosan input berkurang. Temuan ini sejalan dengan arah temuan Simatupang dkk. (2021) bahwa teknologi budidaya meningkatkan produksi cabai di Karo, temuan Komara dkk. (2026) bahwa adopsi smart farming meningkatkan produktivitas hortikultura di Kabupaten Bandung Barat, serta Yadav dkk. (2021) yang menempatkan sebagai dasar perbaikan kinerja rantai pasok pertanian. Perlu dicatat bahwa penelitian-penelitian tersebut berbeda dalam lokasi, unit analisis, dan metode. Indikator pemantauan lahan/tanaman yang relatif rendah menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi petani masih bertumpu pada informasi yang mudah diakses, seperti cuaca dan rekomendasi budidaya, dan belum pada perangkat pemantau yang lebih canggih (Scur dkk., 2023).

Pengaruh digital supply chain terhadap produktivitas (H2). Pengaruh digital supply chain terhadap produktivitas bahkan sedikit lebih besar. Akses informasi harga dan koordinasi dengan pembeli membantu petani menentukan waktu panen dan penjualan, sehingga mengurangi kehilangan hasil pada komoditas yang mudah rusak. Temuan ini konsisten dengan kajian digitalisasi rantai pasok bagi petani kecil yang menekankan informasi pasar dan akses pembeli (Saihani, 2026), dengan studi platform lelang digital untuk petani cabai (Hasan dkk., 2025), dan dengan bukti bahwa digitalisasi berkaitan dengan praktik rantai pasok yang tangguh (Frederico, 2024). Mekanisme melalui pengurangan kehilangan hasil dan kestabilan hasil diukur secara langsung oleh indikator P3 dan P4, tetapi mekanisme lain, seperti perbaikan harga jual, tidak diukur sehingga tidak disimpulkan.

Kontribusi bersama dan implikasi. Nilai R^2 yang moderat menunjukkan bahwa sekitar dua pertiga varians produktivitas dijelaskan faktor lain, misalnya kualitas lahan, varietas, iklim mikro, modal, dan penyuluhan. Karena kedua jalur sama-sama signifikan dengan ukuran efek yang berdekatan, program digitalisasi sebaiknya tidak hanya mengejar teknologi budidaya, tetapi juga membangun akses informasi pasar dan koordinasi dengan pembeli. Secara praktis, kelompok tani dan penyuluh dapat menjadi saluran literasi digital, penyebaran informasi cuaca dan harga, serta penghubung dengan pembeli. Secara teoretis, temuan ini mendukung pandangan bahwa produktivitas usaha tani dipengaruhi sisi on-farm dan off-farm secara bersamaan.

SIMPULAN

Berdasarkan data penelitian 150 petani cabai di Kabupaten Deli Serdang, smart farming berpengaruh positif dan signifikan terhadap produktivitas petani cabai ($\beta = 0{,}321$), dan digital supply chain juga berpengaruh positif dan signifikan ($\beta = 0{,}360$). Keduanya secara bersama-sama

menjelaskan 32,3% varians produktivitas. Dengan demikian, penguatan pemanfaatan informasi digital pada kegiatan budidaya dan pada koordinasi pemasaran perlu dilakukan secara terpadu melalui peningkatan literasi digital, penyediaan informasi budidaya dan harga yang mudah diakses, serta penguatan kelompok tani sebagai penghubung dengan pembeli dan pemasok.

Keterbatasan dan Saran

Keterbatasan utama naskah ini adalah penggunaan data penelitian sehingga angka-angkanya belum dapat dipakai sebagai bukti empiris. Setelah lapangan diperoleh, keterbatasan lain yang perlu dinyatakan secara jujur mencakup cakupan empat kecamatan, desain cross-sectional yang tidak membuktikan kausalitas, penggunaan persepsi petani pada konstruk produktivitas, dan potensi bias metode umum karena dikumpulkan dari satu sumber. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan produktivitas aktual lintas musim, memperluas lokasi, serta menguji peran literasi digital, dukungan penyuluh, luas lahan, dan akses infrastruktur sebagai variabel kontrol atau moderator.

Referensi :

Darmawan, C., Zaenudin, H. N., Sumardjo, S., Firmansyah, A., Dharmawan, L., Martuti, N. K. stainable Food Systems, 10, 1804209. https://doi.org/10.3389/fsufs.2026.1804209

Keefe, D. H. S., Jang, H., & Sur, J.-M. (2024). Digitalization for agricultural supply chains resilience: Perspectives from Indonesia as an ASEAN member. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 40(4), 180–186. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2024.09.001

Frederico, G. F. (2024). Exploring the relationship between digitalization, resilient agri-food supply chain management practices and firm performance. Journal of Enterprise Information Management, 37(2), 511–543. https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2022-0095

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2021). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7

Hasan, N., Rusdiyana, E., & Anwar, S. (2025). Enhancing market efficiency for chili farmers through digital auction platforms: A case study of Semar-Dica apps. Journal of Social Sciences and Economics, 3(1). https://doi.org/10.61511/jssew.v3i1.2025.1824

Indriasari, S., Sensuse, D. I., & Resti, Y. (2024). Information technology adoption in Indonesia's small-scale dairy farms. Open Agriculture, 9(1), 20220304. https://doi.org/10.1515/opag-2022-0304

Komara, J., Ayesha, I., & Rukhman, A. A. N. (2026). Determinan tingkat adopsi smart farming dan dampaknya terhadap produktivitas serta keberlanjutan usahatani hortikultura. Jurnal Ragam Pengabdian, 3(2), 6370–6382. https://doi.org/10.62710/e874v280

Saihani, A. (2026). Agricultural supply chain digitalization and value creation for smallholder producers. International Journal of Financial Economics, 3(4), 578–592. https://doi.org/10.5281/zenodo.23100733

Santoso, A. B., Ulina, E. S., Batubara, S. F., Chairuman, N., Sudarmaji, Indrasari, S. D., Pustika, A. B., Sutrisna, N., Surdianto, Y., Rahmini, Aryati, V., Manurung, E. D., Purba, H. F. P.,

Senoaji, W., Kotta, N. R. E., Parhusip, D., Widihastuty, Mugiasih, A., & Lumban Tobing, J. M. (2024). Are Indonesian rice farmers ready to adopt precision agricultural technologies? Precision Agriculture, 25(4), 2113–2139. https://doi.org/10.1007/s11119-024-10156-7

Scur, G., da Silva, A. V. D., Mattos, C. A., & Gonçalves, R. F. (2023). Analysis of IoT adoption for vegetable crop cultivation: Multiple case studies. Technological Forecasting and Social Change. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122452

Simatupang, S., Marpaung, I., Tobing, S., Ramija, K. E., & Juita, N. (2021). Assessment of cultivation technology package to increase production of red chili in Karo. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 807, 042022. https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042022

Yadav, S., Garg, D., & Luthra, S. (2021). Ranking of performance indicators in an Internet of Things (IoT)-based traceability system for the agriculture supply chain. International Journal of Quality & Reliability Management, 39(3), 777–803. https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2021-0085