

Food Security as a Complex Socio-Technical System: A Review of Land Use, Economic Integration, and Technological Transformation

Penulis : Dian Ade Kurnia

Afiliasi : Program Studi Teknik Informatika, STMIK IKMI Cirebon, Indonesia

Email Correspondensi : dianade2014@gmail.com

Abstrak

Ketahanan pangan merupakan isu multidimensional yang semakin kompleks akibat tekanan lingkungan, ekonomi, dan transformasi teknologi yang berlangsung secara simultan. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji ketahanan pangan sebagai sebuah *socio-technical system* melalui sintesis hubungan antara sistem lahan pertanian, integrasi ekonomi, dan transformasi teknologi. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan PRISMA terhadap artikel-artikel bereputasi yang terbit dalam lima tahun terakhir. Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem lahan pertanian berperan sebagai fondasi biofisik utama yang menentukan kapasitas produksi dan stabilitas pangan, integrasi ekonomi berfungsi sebagai mekanisme distribusi dan akses pangan, sementara transformasi teknologi bertindak sebagai pengungkit lintas dimensi yang meningkatkan efisiensi, resiliensi, dan adaptabilitas sistem pangan. Pembahasan menegaskan bahwa interaksi ketiga elemen tersebut bersifat dinamis dan non-linear, serta dipengaruhi oleh faktor kebijakan, kelembagaan, dan kapasitas teknologi. Artikel ini menyimpulkan bahwa pendekatan sosio-teknis terintegrasi diperlukan sebagai dasar pengembangan riset dan perumusan kebijakan ketahanan pangan yang berkelanjutan.

Keywords : ketahanan pangan; sistem sosio-teknis; sistem lahan pertanian; integrasi ekonomi; transformasi teknologi.

1. Pendahuluan (maksimum 500 kata)

Ketahanan pangan merupakan isu global yang kian kompleks seiring dengan meningkatnya tekanan struktural dan guncangan sistemik yang terjadi secara simultan. Pertumbuhan populasi dunia yang berkelanjutan meningkatkan permintaan pangan, sementara kapasitas produksi menghadapi keterbatasan sumber daya alam dan degradasi lingkungan. Perubahan iklim memperburuk kondisi ini melalui peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrem, pergeseran pola musim tanam, serta penurunan produktivitas lahan pertanian. Di sisi lain, konflik geopolitik seperti perang Rusia Ukraina dan pandemi global telah memicu disrupsi rantai pasok pangan internasional, menyebabkan volatilitas harga, gangguan perdagangan, dan penurunan daya beli rumah tangga, khususnya di negara-negara pengimpor pangan (Akbari et al., 2022; Simola et al., 2022a).

Dalam konteks tersebut, paradigma ketahanan pangan mengalami pergeseran signifikan. Pendekatan sektoral yang menitikberatkan pada peningkatan produksi semata terbukti tidak memadai untuk menjawab kompleksitas tantangan kontemporer. Riset terkini menunjukkan bahwa ketahanan pangan bersifat multidimensi, mencakup aspek ketersediaan, keterjangkauan, pemanfaatan, dan stabilitas, yang dipengaruhi secara simultan oleh faktor lingkungan, sosial-ekonomi, kelembagaan, dan politik (Syahmi Makhtar et al., 2022). Kajian bibliometrik juga mengindikasikan bahwa meskipun literatur ketahanan pangan berkembang pesat dan lintas disiplin, riset tersebut masih cenderung terfragmentasi, sehingga memerlukan sintesis konseptual yang lebih terintegrasi (Akbari et al., 2022).

Sejalan dengan perkembangan tersebut, muncul kebutuhan untuk memahami ketahanan pangan sebagai sebuah *socio-technical system*. Dalam perspektif ini, ketahanan pangan dipandang sebagai hasil interaksi dinamis antara sistem biofisik (misalnya lahan pertanian dan sumber daya alam), sistem ekonomi (perdagangan, pendapatan, dan pasar), kebijakan publik, serta transformasi teknologi. Studi mengenai sistem lahan pertanian menegaskan pentingnya integrasi data spasial dan pemodelan untuk mendukung pengelolaan lahan yang berkelanjutan (Viana et al., 2022), sementara penelitian lain menunjukkan peran strategis integrasi ekonomi dan teknologi digital termasuk ICT, kecerdasan buatan, dan konsep Industry 5.0 sebagai *enabler* dalam meningkatkan resiliensi sistem pangan (Gouvea et al., 2022; Guruswamy et al., 2022; Sarku et al., 2023). Oleh karena itu, pendekatan socio-technical menjadi landasan penting untuk merumuskan strategi ketahanan pangan yang adaptif, inklusif, dan berkelanjutan.

Meskipun kajian ketahanan pangan telah berkembang pesat dan melibatkan berbagai disiplin ilmu, penelitian yang ada masih menunjukkan tingkat fragmentasi yang tinggi. Sebagian studi berfokus secara terpisah pada dinamika dan efisiensi lahan pertanian sebagai fondasi produksi pangan, sementara kajian lain menitikberatkan pada integrasi ekonomi dan perdagangan dalam meningkatkan daya beli serta akses pangan. Di sisi lain, transformasi teknologi seperti pemanfaatan ICT, kecerdasan buatan, dan konsep Industry 5.0 sering dibahas sebagai solusi teknis tanpa keterkaitan konseptual yang kuat dengan sistem biofisik dan ekonomi yang melingkupinya (Viana et al., 2022; Gouvea et al., 2022; Sarku et al., 2023). Fragmentasi ini mengakibatkan pemahaman ketahanan pangan cenderung parsial dan kurang mampu menjelaskan interaksi lintas dimensi yang bersifat dinamis. Selain itu, masih terbatas kajian sintesis yang secara komprehensif mengaitkan aspek penggunaan lahan, integrasi ekonomi, dan transformasi teknologi dalam satu kerangka sistem terpadu. Oleh karena itu, diperlukan suatu perumusan masalah yang menekankan kebutuhan akan pendekatan ketahanan pangan sebagai *socio-technical system* yang terintegrasi, guna menjembatani kesenjangan konseptual dan memperkuat relevansi riset bagi perumusan kebijakan yang berkelanjutan (Akbari et al., 2022; Simola et al., 2022).

Artikel review ini bertujuan untuk menyajikan tinjauan literatur yang komprehensif mengenai ketahanan pangan sebagai sebuah *socio-technical system*. Secara khusus, penelitian ini mengidentifikasi peran serta keterkaitan dinamis antara sistem lahan pertanian, integrasi ekonomi, dan transformasi teknologi dalam membentuk ketahanan pangan. Selain itu, artikel ini berkontribusi dengan menawarkan suatu kerangka konseptual sintesis yang terintegrasi sebagai dasar pengembangan riset lanjutan dan perumusan kebijakan ketahanan pangan yang adaptif, inklusif, dan berkelanjutan.

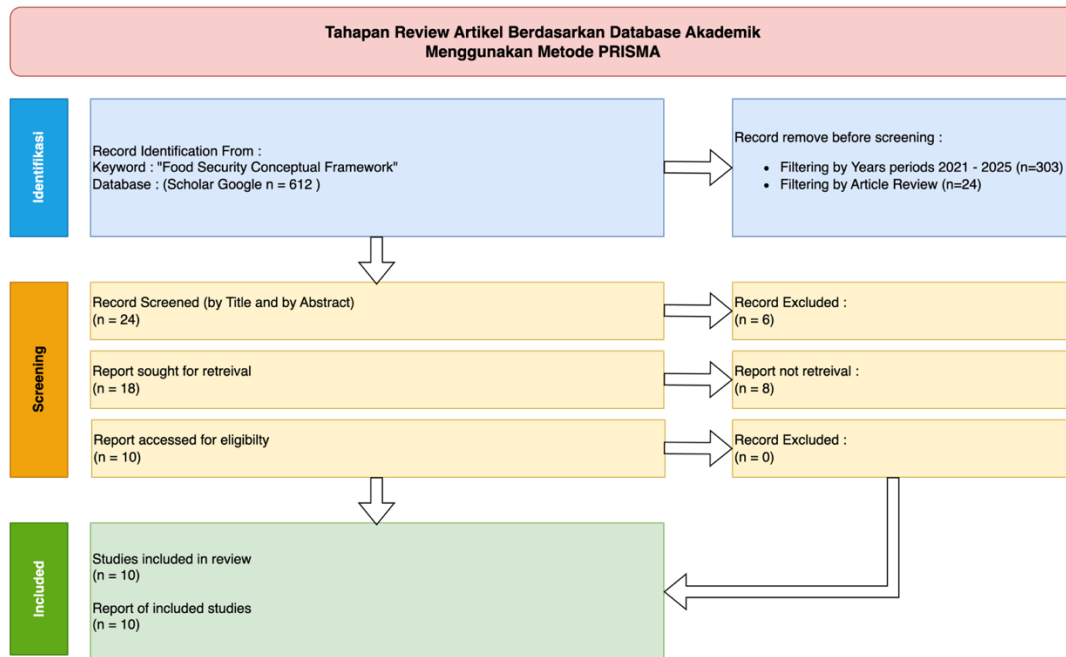
2. Metode (maksimum 1000 kata)

2.1 Desain Penelitian

Artikel ini disusun menggunakan metode **Systematic Literature Review (SLR)** untuk memastikan proses identifikasi, evaluasi, dan sintesis bukti ilmiah terkini dilakukan secara komprehensif, transparan, dan terstruktur. Tahapan SLR dilaksanakan sesuai protokol yang diakui, dimulai dari perumusan pertanyaan penelitian, pencarian literatur sistematis pada basis data akademik terpilih, penyaringan studi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, hingga ekstraksi dan analisis data tematik. Pendekatan ini memungkinkan integrasi bukti dari berbagai disiplin ilmu secara menyeluruh, sehingga menghasilkan sintesis yang koheren dan mendalam tentang **sistem ketahanan pangan sebagai sebuah kesatuan sosio-teknis yang kompleks.**

2.2 Strategi Penelusuran Literatur

Strategi penelusuran literatur dalam artikel review ini menggunakan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (.....). Diagram alur pada Gambar 1 menggambarkan tahapan identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi artikel yang digunakan.



Gambar 1 : Strategi Pencarian Literature Menggunakan Metode PRISMA

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan secara sistematis tahapan *Systematic Literature Review* (SLR) menggunakan metode PRISMA yang diterapkan pada topik *Food Security Conceptual Framework* berbasis database akademik. Proses dimulai pada tahap **identification**, di mana sebanyak 612 rekaman artikel berhasil diidentifikasi melalui pencarian di Google Scholar menggunakan kata kunci yang relevan. Jumlah awal ini menunjukkan luasnya cakupan literatur terkait ketahanan pangan sebagai isu multidimensional dan lintas disiplin.

Selanjutnya, dilakukan proses penyaringan awal dengan menghapus artikel yang tidak memenuhi kriteria, seperti periode publikasi di luar rentang 2021–2025 berjumlah 304 artikel, artikel berjenis *review* berjumlah 24 artikel, serta artikel yang tidak terindeks pada kuartil jurnal bereputasi (Q1–Q4). Tahap ini berfungsi untuk memastikan kualitas, relevansi temporal, dan kredibilitas sumber ilmiah yang digunakan. Setelah proses ini, jumlah artikel menyusut secara signifikan sehingga hanya publikasi yang paling relevan yang dipertahankan.

Pada tahap **screening**, artikel yang tersisa sebanyak 24 artikel dan ditelaah lebih lanjut berdasarkan judul dan abstrak, kemudian dilakukan upaya penelusuran dokumen penuh (*report sought for retrieval*) sebanyak 18 artikel. Tidak semua artikel berhasil diakses sebanyak 8 artikel, sehingga sebagian dieliminasi karena keterbatasan ketersediaan teks penuh. Tahap **eligibility** memastikan bahwa artikel yang diakses benar-benar sesuai dengan fokus dan tujuan kajian sebanyak 10 artikel.

Akhirnya, pada tahap **included**, sebanyak 10 studi dinyatakan layak dan dimasukkan dalam analisis akhir. Hal ini menunjukkan proses seleksi yang ketat, transparan, dan terstruktur, sehingga hasil tinjauan literatur memiliki validitas metodologis yang kuat dan dapat dijadikan dasar konseptual yang andal untuk pengembangan riset ketahanan pangan selanjutnya

2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Subbagian ini menjelaskan kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan untuk memastikan relevansi dan kualitas studi yang direview. Tabel 1 menyajikan batasan seleksi artikel berdasarkan fokus kajian **ketahanan pangan**, rentang waktu publikasi, reputasi jurnal, serta pembatasan bahasa guna menjamin konsistensi dan ketepatan analisis literatur.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

No	Kriteria	Deskripsi
----	----------	-----------

1	Inklusi	1. Fokus pada ketahanan pangan dari perspektif lahan, ekonomi dan teknologi 2. Rentang publikasi 5 tahun terakhir berasal dari jurnal nasional atau internasional bereputasi yang relevan dengan kebijakan dan teknologi. 3. Seleksi judul dan abstrak berdasarkan keyword yang telah ditetapkan.
2	Ekslusi	1. Artikel dalam bentuk bahasa selain English dan Indonesia. 2. Artikel yang bukan jenis review

2.4 Studi Komparasi

Pada Tabel 2 disajikan studi komparasi tentang metode penelitian yang digunakan dalam **studi ketahanan pangan**. Metode-metode tersebut meliputi **systematic review**, **simulasi ekonomi**, **analisis bibliometrik**, **studi konseptual**, **observasi satelit**, dan **studi kuantitatif panel data**, yang menunjukkan pendekatan beragam dan komprehensif dalam menganalisis isu tersebut.

Tabel 2 . Studi Komparasi Artikel berdasarkan Metode

No	Judul / Pengarang	Tahun	Jurnal / Penerbit	Metode
1	Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review. (Viana et al., 2022)	2022	<i>Science of the Total Environment</i>	Metode yang digunakan meliputi deteksi, karakterisasi, pemantauan, pemetaan, dan pemodelan lahan pertanian dengan pendekatan spatiotemporal dan analisis data real-time menggunakan sistem informasi geografis (GIS)
2	Economic integration and food security – The case of the AfCFTA (Simola et al., 2022b)	2022	<i>Global Food Security</i>	Metode yang diterapkan melibatkan simulasi untuk menghitung perubahan variabel makro ekonomi serta analisis berdasarkan data dari FAO dan estimasi koefisien yang diupdate menggunakan pendapatan rumah tangga yang tersedia
3	The Application of Artificial Intelligence Models for Food Security: A Review (Sarku et al., 2023)	2023	<i>Agriculture</i>	Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pencarian sistematis dari artikel-artikel yang relevan melalui basis data Google, yang menghasilkan 1400 makalah, yang kemudian disaring hingga tersisa 262 dokumen untuk diulas lebih lanjut
4	The Evolution of Food Security: Where Are We Now, Where Should We Go Next? (Akbari et al., 2022)	2022	Sustainability	Artikel ini memakai bibliometric review terhadap 3169 artikel dari Web of Science Core Collection (rentang 1974–2020) dengan kata kunci

				“Food Security”, dibatasi pada artikel berbahasa Inggris
5	Toward Better Food Security Using Concepts from Industry 5.0” (Guruswamy et al., 2022)	2022	<i>Sensors</i>	Metodenya adalah artikel review (tinjauan pustaka naratif/komprehensif) : penulis merangkum dan mengulas bukti/temuan penelitian yang sudah ada terkait penerapan ICT dan teknologi kunci Industry 5.0 pada setiap tahapan rantai pasok pangan (produksi–pengolahan–distribusi/ritel).
6	Reviewing Food Security on Paddy Production: A Conceptual Paper (Syahmi Makhtar et al., 2022)	2022	<i>International Journal of Industrial Management</i>	Metodenya adalah conceptual paper berbasis tinjauan pustaka (comprehensive literature review) .
7	The impact of Russia Ukraine conflict on global food security			Studi ini menggabungkan dua pendekatan utama: Observasi satelit (Landsat & Sentinel-2) untuk memantau kondisi pertumbuhan gandum di Ukraina (menggunakan peta sebaran gandum dan indikator vegetasi/NDVI), serta estimasi hasil panen.
8	Innovation, ICT & food security (Gouvea et al., 2022)	2022	<i>Global Food Security</i>	Desain : studi kuantitatif lintas-negara (cross-country) dengan data panel.

Berdasarkan Tabel 2, dapat diinterpretasikan bahwa kajian mengenai ketahanan pangan didekati dengan beragam metodologi yang komprehensif dan saling melengkapi. Secara umum, metode yang dominan digunakan adalah tinjauan literatur sistematis (systematic review), sebagaimana tercermin pada studi oleh Gouvea et al. (2022) Viana et al. (2022), Sarku et al. (2023), dan Guruswamy et al. (2022). Tinjauan ini dilakukan dengan kerangka kerja yang ketat, melibatkan proses pencarian, penyaringan, dan analisis terhadap ratusan hingga ribuan dokumen akademik dari basis data terpercaya.

Di samping itu, analisis data kuantitatif juga banyak dimanfaatkan. Pada penelitian Simola et al (2022a), simulasi model ekonomi digunakan untuk memproyeksikan dampak integrasi ekonomi. Sementara itu, oleh Gouvea et al. (2022), analisis ekonometrik dengan data panel lintas negara diterapkan. Pendekatan analisis spasial dan pemodelan ditunjukkan pada artikel pertama yang menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) dan pendekatan spatiotemporal, serta pada penelitian mengenai konflik Rusia-Ukraina yang memanfaatkan observasi satelit dan indeks vegetasi untuk pemantauan pertanian.

Analisis bibliometrik dipergunakan secara khusus oleh Akbari et al. (2022), untuk memetakan evolusi penelitian selama beberapa dekade. Adapun pendekatan konseptual melalui tinjauan pustaka komprehensif diwakili oleh studi Syahmi Makhtar et al. (2022).

Keragaman metodologis ini mengindikasikan bahwa isu ketahanan pangan dipahami sebagai suatu tantangan multidimensi yang kompleks. Kompleksitas tersebut memerlukan investigasi tidak hanya dari aspek produksi dan teknologi (seperti GIS, AI, dan observasi satelit), tetapi juga dari dimensi kebijakan ekonomi, integrasi global, dan tren penelitian itu sendiri. Dengan demikian, Tabel 2 merefleksikan lanskap penelitian ketahanan pangan yang

dinamis, di mana metode kualitatif (review) dan kuantitatif (simulasi, data panel, analisis spasial) digabungkan untuk memberikan pemahaman yang lebih holistik dan berbasis bukti.

2.5 Pertanyaan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian yang telah dirumuskan, diperlukan sejumlah pertanyaan. Berikut adalah pertanyaan-pertanyaan penelitian utama yang dirancang untuk mengarahkan proses tinjauan literatur sistematis dan analisis mendalam dalam kajian ini.

1. Bagaimana peran dan mekanisme spesifik dari masing-masing elemen (sistem lahan pertanian, integrasi ekonomi, dan transformasi teknologi) dalam berkontribusi terhadap pilar ketahanan pangan: ketersediaan, akses, pemanfaatan, dan stabilitas?
2. Bentuk-bentuk keterkaitan dinamis dan pola interaksi seperti apa yang terjadi di antara ketiga elemen tersebut (lahan, ekonomi, teknologi) dalam konteks sistem pangan yang nyata, dan faktor-faktor apa yang memoderasi kekuatan serta arah interaksi tersebut?
3. Apa saja komponen, hubungan antar komponen, dan prinsip-prinsip kunci yang harus termuat dalam sebuah kerangka konseptual terintegrasi agar dapat secara efektif menjadi dasar untuk pengembangan model penelitian lanjutan dan evaluasi kebijakan ketahanan pangan yang adaptif dan berkelanjutan?

3. Hasil dan Pembahasan (maksimum 1000 kata)

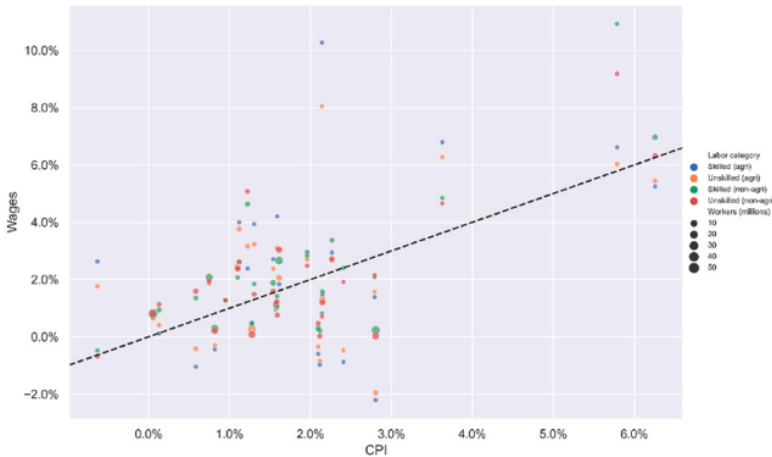
- 3.1. Peran dan mekanisme sistem lahan, integrasi ekonomi, dan transformasi teknologi terhadap pilar ketahanan pangan.
- 3.2. Pola interaksi dinamis lahan, ekonomi, dan teknologi dalam sistem pangan serta faktor pemoderasinya.
- 3.3. Komponen dan prinsip kerangka konseptual terintegrasi untuk model dan evaluasi kebijakan ketahanan pangan adaptif.

3.4. Analisis peran dan mekanisme spesifik setiap elemen terhadap empat pilar ketahanan pangan.

Berdasarkan kajian literatur sistematis, sistem lahan pertanian berperan sebagai fondasi struktural ketahanan pangan melalui pengendalian kapasitas produksi dan keberlanjutan ekologis. Studi sistematis menunjukkan bahwa kualitas, pola penggunaan, dan intensitas pengelolaan lahan secara langsung memengaruhi ketersediaan pangan, sementara degradasi lahan dan fragmentasi kepemilikan meningkatkan kerentanan terhadap guncangan iklim yang berdampak pada stabilitas (Viana et al., 2022 ; Syahmi Makhtar et al., 2022).

Integrasi ekonomi, khususnya melalui liberalisasi perdagangan dan pasar regional, berfungsi sebagai mekanisme distribusi dan penyeimbang spasial pangan. Analisis CGE pada kasus AfCFTA menunjukkan bahwa integrasi pasar meningkatkan pendapatan rumah tangga dan memperluas **akses pangan**, meskipun

dalam beberapa konteks dapat memicu volatilitas harga yang memengaruhi **stabilitas** dan kelompok rentan (Simola et al., 2022). Dengan demikian, integrasi ekonomi bersifat ambivalen dan membutuhkan kebijakan kompensatoris sebagaimana disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan harga dan upah (2035, maksimalisasi pendapatan tarif seragam. Ukuran titik menggambarkan jumlah pekerja dalam jutaan untuk setiap kategori tenaga kerja per wilayah.). Pengalaman (Simola et al., 2022a)

Sementara itu, **transformasi teknologi** melalui ICT, AI, dan paradigma Industry 5.0 bertindak sebagai pengungkit sistemik lintas pilar. Bukti empiris lintas negara menunjukkan bahwa adopsi teknologi pertanian digital meningkatkan **ketersediaan** melalui produktivitas, memperbaiki **akses** dengan efisiensi rantai pasok, serta mendukung **pemanfaatan** melalui peningkatan kualitas dan keamanan pangan (Gouvea et al., 2022 ; Sarku et al., 2023). Integrasi sensor, AI, dan blockchain juga memperkuat **stabilitas** melalui prediksi risiko dan transparansi sistem pangan (Guruswamy et al., 2022). Secara ringkas penjelasan diatas dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Analisis Literatur

Elemen Sistem	Mekanisme Utama	Pilar Dominan
Sistem Lahan Pertanian	Produktivitas, konservasi, resiliensi ekologi	Ketersediaan, Stabilitas
Integrasi Ekonomi	Perdagangan, harga, pendapatan	Akses, Stabilitas
Transformasi Teknologi	Digitalisasi, AI, traceability	Ketersediaan, Akses, Pemanfaatan, Stabilitas

3.5. Kajian keterkaitan dinamis dan pola interaksi antar elemen beserta faktor moderatornya

Literatur mutakhir menunjukkan bahwa sistem pangan beroperasi sebagai sistem sosio-teknis adaptif, di mana lahan, ekonomi, dan teknologi saling berinteraksi secara non-linier dan kontekstual. Sistem lahan pertanian berperan sebagai basis biofisik, tetapi fungsinya tidak statis. Perubahan pola penggunaan lahan, intensifikasi, dan degradasi lingkungan membentuk umpan balik terhadap kinerja ekonomi dan kebutuhan teknologi. Tinjauan sistematis menegaskan bahwa tekanan ekonomi dan permintaan pasar mendorong intensifikasi lahan, yang selanjutnya meningkatkan ketergantungan pada teknologi presisi dan manajemen risiko (Viana et al., 2022 ; Syahmi Makhtar et al., 2022).

Integrasi ekonomi berfungsi sebagai mekanisme transmisi eksternal yang menghubungkan sistem lahan lokal dengan pasar regional dan global. Studi CGE pada AfCFTA menunjukkan bahwa liberalisasi perdagangan dapat memperkuat insentif produksi dan adopsi teknologi, tetapi juga menciptakan tekanan harga dan redistribusi produksi lintas wilayah, sehingga mengubah arah interaksi lahan–ekonomi (Simola et al.,

2022). Dengan kata lain, ekonomi memoderasi apakah lahan berfungsi sebagai aset produktif atau sumber kerentanan.

Transformasi teknologi bertindak sebagai katalis integratif. ICT, AI, dan konsep Industry 5.0 memungkinkan penguatan hubungan lahan–ekonomi melalui peningkatan efisiensi, transparansi, dan pengambilan keputusan berbasis data. Bukti lintas negara menunjukkan bahwa teknologi memperkuat efek positif integrasi ekonomi pada produktivitas lahan, sekaligus meredam risiko volatilitas melalui prediksi dan traceability (Gouvea et al., 2022 ; Sarku et al., 2023 ; Guruswamy et al., 2022).

Faktor-faktor yang memoderasi kekuatan dan arah interaksi meliputi kualitas tata kelola, kapasitas institusional, skala petani, akses infrastruktur digital, dan stabilitas kebijakan. Akbari et al. (2022) menegaskan bahwa tanpa koordinasi kebijakan, interaksi tersebut cenderung terfragmentasi dan menghasilkan ketahanan pangan yang tidak merata, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pola Interaksi Sistem Pangan

Pola Interaksi	Mekanisme Utama	Faktor Moderator
Lahan ↔ Ekonomi	Insentif harga, intensifikasi produksi	Kebijakan perdagangan, struktur pasar
Lahan ↔ Teknologi	Precision farming, manajemen risiko	Akses ICT, kapasitas SDM
Ekonomi ↔ Teknologi	Efisiensi rantai pasok, AI prediktif	Tata kelola, investasi publik

3.6. **Identifikasi komponen, hubungan, dan prinsip kunci untuk kerangka konseptual terintegrasi.**

4. Kesimpulan

Kesimpulan utama dari artikel review ini menegaskan bahwa ketahanan pangan merupakan sistem sosio-teknis yang kompleks dan adaptif, dibentuk oleh interaksi dinamis antara sistem lahan pertanian, integrasi ekonomi, dan transformasi teknologi. Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa sistem lahan pertanian berfungsi sebagai fondasi biofisik utama yang menentukan kapasitas produksi dan stabilitas jangka panjang, integrasi ekonomi berperan sebagai mekanisme distribusi dan akses pangan, sementara transformasi teknologi bertindak sebagai pengungkit lintas dimensi yang meningkatkan efisiensi, resiliensi, dan adaptabilitas sistem pangan. Fragmentasi pendekatan sektoral yang selama ini dominan terbukti tidak memadai untuk menjelaskan dinamika ketahanan pangan kontemporer, sehingga pendekatan sosio-teknis terintegrasi menjadi kebutuhan konseptual yang mendesak

Implikasi teoretis dari temuan ini adalah penguatan kerangka konseptual ketahanan pangan yang melampaui paradigma produksi-sentris, dengan menempatkan interaksi biofisik, ekonomi, dan teknologi sebagai proses ko-evolutif. Artikel ini berkontribusi dalam menjembatani kesenjangan literatur dengan menawarkan sintesis lintas disiplin yang mengaitkan penggunaan lahan, integrasi ekonomi, dan inovasi teknologi dalam satu kerangka sistemik. Secara praktis, temuan ini mengimplikasikan perlunya perumusan kebijakan ketahanan pangan yang terintegrasi, di mana kebijakan pertanian, perdagangan, dan transformasi digital dirancang secara sinergis, bukan terpisah, untuk meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan intervensi

Namun demikian, artikel ini memiliki keterbatasan, terutama karena berbasis pada tinjauan literatur sekunder sehingga tidak menyajikan bukti empiris primer. Selain itu, jumlah artikel yang dianalisis relatif terbatas akibat kriteria inklusi yang ketat, sehingga generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, rekomendasi penelitian selanjutnya mencakup perlunya studi empiris lintas

negara dan lintas skala untuk menguji kerangka sosio-teknis yang diusulkan, pengembangan model kuantitatif dan simulasi sistem pangan terintegrasi, serta eksplorasi lebih lanjut peran teknologi mutakhir seperti kecerdasan buatan dan Industry 5.0 dalam memperkuat resiliensi ketahanan pangan di berbagai konteks sosial-ekonomi.

Ucapan Terimakasih

Daftar Pustaka

- Akbari, M., Foroudi, P., Shahmoradi, M., Padash, H., Parizi, Z. S., Khosravani, A., Ataei, P., & Cuomo, M. T. (2022). *The evolution of food security: Where are we now, where should we go next?* Sustainability, 14(6), 3634. <https://doi.org/10.3390/su14063634>
- Gouvea, R., Kapelianis, D., Li, S., & Terra, B. (2022). Innovation, ICT & food security. *Global Food Security*, 35, 100653. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100653>
- Guruswamy, S., Pojić, M., Subramanian, J., Mastilović, J., Sarang, S., Subbanagounder, A., Stojanović, G., & Jeoti, V. (2022). Toward better food security using concepts from Industry 5.0. *Sensors*, 22(21), 8377. <https://doi.org/10.3390/s22218377>
- Sarku, R., Clemen, U. A., & Clemen, T. (2023). The application of artificial intelligence models for food security: A review. *Agriculture*, 13(10), 2037. <https://doi.org/10.3390/agriculture13102037>
- Simola, A., Boysen, O., Ferrari, E., Nechifor, V., & Boulanger, P. (2022). Economic integration and food security – The case of the AfCFTA. *Global Food Security*, 35, 100651. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100651>
- Syahmi Makhtar, Irwan Shah Zainal Abidin, & Rabiul Islam. (2022). Reviewing food security on paddy production: A conceptual paper. *International Journal of Industrial Management*, 16(1), 51–58. <https://doi.org/10.15282/ijim.16.1.2022.9012>
- Viana, C. M., Freire, D., Abrantes, P., Rocha, J., & Pereira, P. (2022). Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 806, 150718. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150718>