

Analisis Mitigasi Risiko dan Strategi Peningkatan Resiliensi Rantai Pasok Pangan dalam Menghadapi Perubahan Iklim

Muhamad Fiqih Gumilang*, Yurisa Azhara, Juli Winando Lumban Toruan, Anna Fitriani

Program Studi Agribisnis, Fakultas Agroteknopreneur dan Agraria, Universitas Nusa Bangsa

*Email Korespondensi: muhamadfiqih215@gmail.com

Abstrak

Perubahan iklim merupakan tantangan besar yang memengaruhi keberlanjutan rantai pasokan pangan melalui gangguan terhadap produksi, distribusi, dan ketersediaan pangan. Meningkatnya frekuensi kejadian cuaca ekstrem, perubahan pola curah hujan, dan ketidakpastian iklim telah memperburuk kerentanan sistem pangan di berbagai wilayah. Banyak penelitian telah membahas dampak perubahan iklim terhadap sistem pangan, tetapi temuan-temuan ini tersebar di berbagai konteks dan pendekatan penelitian. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko utama yang ditimbulkan oleh perubahan iklim terhadap rantai pasokan pangan, menganalisis strategi mitigasi risiko yang diterapkan untuk mengurangi dampaknya, dan mengevaluasi kontribusi strategi-strategi ini dalam meningkatkan ketahanan rantai pasokan pangan. Studi ini menggunakan metode Tinjauan Literatur Sistematis (SLR), yang melibatkan identifikasi, penyaringan, pemilihan, dan pengintegrasian literatur ilmiah yang relevan. Enam puluh artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dianalisis, dan tiga puluh tiga artikel kunci dipilih yang secara langsung terkait dengan pertanyaan penelitian. Hasil menunjukkan bahwa risiko utama yang dihadapi rantai pasokan pangan meliputi penurunan produktivitas pertanian, kejadian cuaca ekstrem, gangguan distribusi pangan, volatilitas harga, dan peningkatan kerentanan sistem pangan. Strategi mitigasi yang luas yang diterapkan meliputi digitalisasi rantai pasokan, penggunaan kecerdasan buatan. Oleh karena itu, penguatan ketahanan rantai pasokan pangan membutuhkan pendekatan terpadu yang melibatkan teknologi, kebijakan, dan penguatan kelembagaan.

Kata kunci: Ketahanan Pangan, Ketahanan, Mitigasi Risiko, Perubahan Iklim, Rantai Pasok Pangan, Mitigasi

Abstract

Climate change is a major challenge affecting the sustainability of food supply chains through disruptions to food production, distribution, and availability. The increasing frequency of extreme weather events, changing rainfall patterns, and climate uncertainty have exacerbated the vulnerability of food systems in various regions. Numerous studies have addressed the impacts of climate change on food systems, but these findings are scattered across different contexts and research approaches. This study aims to identify the main risks posed by climate change to food supply chains, analyze the risk mitigation strategies implemented to reduce their impacts, and evaluate the contribution of these strategies to increasing food supply chain resilience. This study employed a Systematic Literature Review (SLR) method, which involves identifying, screening, selecting, and integrating relevant scientific literature. Sixty articles meeting the inclusion and exclusion criteria were analyzed, and thirty-three key articles were selected that were directly related to the research question. The results indicate that the main risks facing food supply chains include declining agricultural productivity, extreme weather events, food distribution disruptions, price volatility, and increased food system vulnerability. Broad mitigation strategies implemented include supply chain digitalization, the use of artificial intelligence. Therefore, strengthening food supply chain resilience requires an integrated approach involving technology, policy, and institutional strengthening.

Keywords: Climate Change, Food Security, Food Supply Chain, Risk Mitigation, Resilience

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan global paling serius bagi sektor pertanian dan ketahanan pangan karena berdampak pada seluruh mata rantai pangan, mulai dari produksi, penyimpanan, pengolahan, distribusi, hingga akses dan kualitas pangan. Tinjauan terbaru menunjukkan bahwa perubahan iklim memengaruhi hasil pertanian, pendapatan, harga, akses pangan, kualitas pangan, dan keamanan pangan, serta banyak studi masih berfokus pada hubungan antara curah hujan ekstrem, suhu, dan kekeringan dengan tahap produksi, belum pada keseluruhan rantai pasok pangan (Tchoukouang *et al.*, 2024). Sejalan dengan itu, Davis, Downs, dan Gephart menegaskan bahwa gangguan dan variabilitas lingkungan dapat merambat sepanjang rantai pasok pangan melalui faktor ekonomi, politik, dan infrastruktur, sehingga memunculkan risiko berupa kelangkaan pangan, lonjakan harga, dan penurunan kualitas pangan (Davis *et al.*, 2020). Karena itu, isu ketahanan pangan kini tidak lagi hanya berkaitan dengan kemampuan produksi, tetapi juga dengan kemampuan sistem pangan untuk mengantisipasi, menyerap, dan pulih dari gangguan yang semakin kompleks

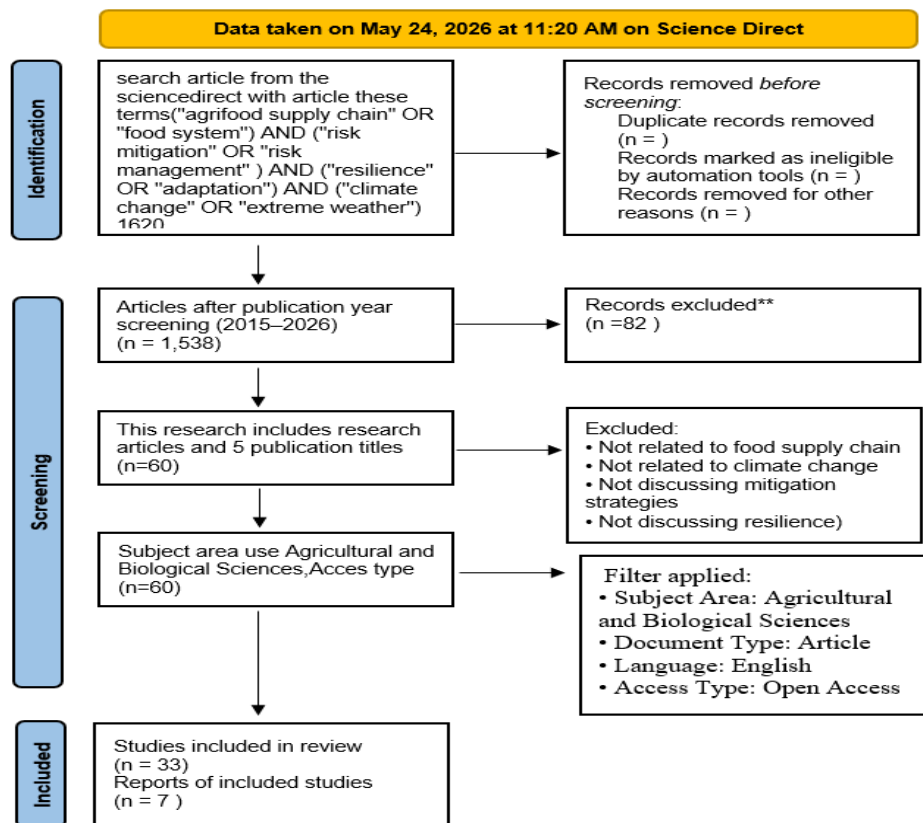
Pada tataran literatur, pergeseran penting terlihat dari kajian risiko menuju kajian mitigasi risiko dan resiliensi. Stone dan Rahimifard menjelaskan bahwa ketahanan pada agri-food supply chains harus dipahami sebagai kemampuan untuk tidak hanya mempertahankan fungsi inti, tetapi juga beradaptasi terhadap kondisi yang berubah, dengan orientasi utama pada keamanan pangan konsumen akhir (Stone & Rahimifard, 2018). Sementara itu, Su, Wu, dan Tan menunjukkan bahwa literatur terbaru mulai menempatkan teknologi digital dan integrasi keberlanjutan sebagai strategi penting untuk memperkuat resiliensi rantai pasok pangan terhadap berbagai gangguan (Su *et al.*, 2023). Kajian lain juga menegaskan bahwa risiko perubahan iklim tidak berdiri sendiri, melainkan berkaitan dengan gangguan produksi, biaya input, distribusi, dan ketidakstabilan harga, sehingga strategi adaptasi perlu mencakup varietas tahan iklim, efisiensi air, diversifikasi sumber pasokan, penguatan infrastruktur, dan dukungan kebijakan (Osato Itohan Oriekhoe *et al.*, 2024). Pada negara-negara berkembang, kerentanan petani kecil menjadi semakin nyata karena ketergantungan pada pertanian tadah hujan, akses pasar yang terbatas, serta kapasitas teknis yang belum merata, sehingga respons perlu melibatkan climate-smart agriculture, sistem informasi iklim, pembiayaan, dan kebijakan lintas sektor (Naicker *et al.*, 2025).

Dalam konteks nasional dan lokal, kondisi tersebut sangat relevan bagi Indonesia yang masih menghadapi ketergantungan tinggi pada kondisi iklim, dominasi petani kecil, dan panjangnya rantai distribusi pangan yang sensitif terhadap gangguan cuaca, transportasi, dan ketersediaan input. Literatur menunjukkan bahwa perubahan suhu dan pola hujan dapat mengubah waktu panen, menurunkan kualitas hasil, memicu kelangkaan pasokan, dan memperbesar volatilitas harga pangan. Meski demikian, sebagian besar penelitian masih membahas risiko perubahan iklim, strategi mitigasi, dan resiliensi secara terpisah, sehingga belum memberikan gambaran yang terintegrasi mengenai hubungan ketiga aspek tersebut dalam rantai pasok pangan. Berangkat dari celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan penelitian seperti (1) Apa saja risiko utama yang ditimbulkan oleh perubahan iklim terhadap rantai pasok pangan? (2) Bagaimana strategi mitigasi risiko diterapkan untuk mengurangi dampak perubahan iklim pada rantai pasok pangan? (3) Bagaimana strategi tersebut berkontribusi dalam meningkatkan resiliensi rantai pasok pangan? melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) berbasis kerangka (Kitchenham 2007) dan PRISMA untuk mengeksplorasi secara mendalam dinamika risiko krisis terhadap ketahanan pangan dan sistem agribisnis. Melalui analisis deskriptif-sintesis terhadap data sekunder berupa artikel jurnal internasional bereputasi, metode SLR ini berfungsi untuk mengidentifikasi, mengintegrasikan, dan mengevaluasi temuan empiris terkait dampak disrupsi global secara sistematis melalui enam tahapan utama. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Metode SLR merujuk pada metodologi penelitian tertentu dan pengembangan untuk mengumpulkan serta mengevaluasi penelitian, mengidentifikasi, mengkaji, mengevaluasi, dan menafsirkan semua penelitian yang tersedia dengan fokus topik pada fenomena tertentu yang menarik (Lusiana dan Suryani, 2018; Traiandini *et al.*, 2019). Dalam penelitian ini, prosedur SLR dilakukan melalui tujuh tahapan, yaitu: (1) merumuskan pertanyaan penelitian; (2) menentukan basis data dan sumber literatur; (3) menetapkan istilah pencarian; (4) melakukan penelusuran literatur; (5) menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi; (6) menelaah dan menyeleksi artikel yang relevan; serta (7) mensintesis hasil temuan (Toruan, 2026; Toruan *et al.*, 2025).

Seleksi artikel dalam SLR ini mengikuti protokol PRISMA (Gambar 1) dengan mengeksklusi dokumen yang duplikat, tidak relevan, atau tidak memenuhi kriteria inklusi. Dari 1620 artikel yang terjaring pada pencarian awal di database *sciencedirect*, diperoleh 33 artikel final yang lolos tahapan eliminasi untuk dianalisis. Proses analisis selanjutnya memanfaatkan perangkat lunak *VOSviewer* untuk memvisualisasikan jaringan ko-okurensi kata kunci, hubungan antartopik, serta tren evolusi tematiknya. Meski *sciencedirect* dipilih demi menjaga kredibilitas dan mutu referensi, penggunaan satu basis data ini membatasi cakupan penelitian karena berpotensi melewatkan literatur penting yang terindeks di *Web of Science*, *Dimensions*, atau *Google Scholar*.



Gambar 1. Proses dan Hasil Pencarian Literatur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis dan pembahasan yang diperoleh melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap sejumlah artikel ilmiah yang relevan. Pembahasan disusun secara sistematis untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian, yaitu: (1) risiko utama yang ditimbulkan oleh perubahan iklim terhadap rantai pasok pangan; (2) strategi mitigasi risiko yang diterapkan untuk mengurangi dampak perubahan iklim tersebut; dan (3) kontribusi strategi mitigasi tersebut dalam meningkatkan resiliensi rantai pasok pangan. Ketiga aspek tersebut diuraikan secara berurutan pada subbagian berikut.

Analisis tematik (Tabel 1) menunjukkan bahwa perubahan iklim merupakan pemicu utama, ketika curah hujan meningkat, longsor atau terjadi kekeringan ekstrem dikarenakan kekurangan lahan sehingga mengakibatkan produksi menurun dan terganggunya distribusi pangan.

Tabel 1. Klasifikasi Ulasan Literatur terkait Analisis Risiko Perubahan Iklim dalam Rantai Pasok

Topik Artikel	Sitasi
<i>The impact of climate change on food security and agricultural production</i>	Jiang <i>et al.</i> (2025); Elkhalfi <i>et al.</i> (2025); Harris <i>et al.</i> (2022)
<i>Extreme weather events and hydrological disturbances</i>	Galli <i>et al.</i> (2025); Tofu <i>et al.</i> (2022)
<i>Food system disruption due to the global crisis (COVID-19)</i>	Fan <i>et al.</i> (2021); Durant <i>et al.</i> (2023)
<i>Road networks and food price volatility</i>	Lambert <i>et al.</i> (2025)
<i>Food system resilience and COVID-19 – Lessons from the Asian experience</i>	Fan <i>et al.</i> (2021)
<i>Exploring the resource nexus between forest-based land restoration and food security</i>	Orou Sannou & Guenther (2025)

Klasifikasi (Tabel 1) berdasarkan penemuan literatur dalam Keadaan ini sejalan dengan penemuan (Harris *et al.*, 2022) yang mengatakan bahwa bahaya akibat perubahan iklim telah mengganggu semua negara bagian di India terpapar kedelapan bahaya iklim melalui pangan impor mereka. Argumen tersebut diperkuat dengan hasil penelitian (Jiang *et al.*, 2025) melalui gambarannya bahwa perubahan iklim akan meningkatkan risiko probabilitas ketahanan pangan di bawah berbagai kemungkinan SSP-RCPS (*Shared Socioeconomic Pathways-Representative Concentration Pathways*). Tentunya perubahan iklim seperti kenaikan suhu dan penurunan cuaca hujan akan mempengaruhi secara signifikan terhadap produksi, hasil panen dan tingkat kualitas tanaman tersebut, meskipun

peningkatan karbon dioksida dapat meningkatkan fotosintesis tanaman tetapi secara berlebihan malah akan merusak tanaman tersebut (Jiang *et al.*, 2025). Bukan itu saja perubahan iklim yang ekstrem menjadi ancaman pada ketidakpastian hasil produksi dan distribusi pangan. Penelitian lebih lanjut yaitu, (Galli *et al.*, 2025) menguraikan bahwa fenomena hidrologi ekstrem (*hydrological extremes*) berdampak langsung pada ketidakstabilan produksi dan distribusi, yang dimana khususnya wilayah-wilayah yang sangat ketergantungan pada sistem pertanian sensitif iklim.

Di sisi lain, ketahanan rantai pasok ini sendiri dipengaruhi juga oleh berbagai faktor non-iklim yang dimana ikut serta memperburuk keadaan yang menciptakan hambatan hambatan baru. Krisis multidimensi seperti pandemi COVID-19 yang terjadi secara global dan konflik geopolitik antara Rusia dan Ukraina menjadi contoh nyata membuat berbagai macam hambatan distribusi menjadi masif pada wilayah yang terkena. Penelitian (Fan *et al.*, 2021) menunjukkan bagaimana situasi saat terjadinya COVID-19 menciptakan hambatan logistik yang masif, membuat keterlambatan distribusi serta menyebabkan terjadinya harga pangan yang fluktuatif di berbagai negara, terutama di kawasan Asia.

Secara keseluruhan, temuan-temuan tersebut menjawab pertanyaan penelitian pertama (RQ1) dengan menunjukkan bahwa risiko utama yang ditimbulkan oleh perubahan iklim terhadap rantai pasok pangan bersifat multidimensi. Risiko tersebut mencakup risiko produksi akibat kenaikan suhu, pergeseran pola curah hujan, dan peristiwa cuaca ekstrem seperti banjir, longsor, dan kekeringan yang menurunkan hasil serta kualitas panen; risiko distribusi akibat kerusakan infrastruktur dan terputusnya jalur logistik; serta risiko sistemik yang diperburuk oleh faktor non-iklim seperti pandemi COVID-19 dan konflik geopolitik. Ketiga kategori risiko ini secara bersamaan meningkatkan volatilitas harga pangan dan ketidakpastian pasokan di berbagai wilayah.

Anomali iklim global menuntut adanya transformasi menyeluruh dalam ekosistem pangan, mulai dari pengelolaan lahan hingga distribusi ke konsumen. Guna memetakan solusi atas persoalan ini (Tabel 2), RQ2 secara khusus mengulas ragam strategi mitigasi yang disintesis dari berbagai literatur mutakhir. Pola yang ditemukan menunjukkan ketergantungan yang kuat pada integrasi teknologi makro dan mikro, seperti sistem *Climate Smart Agriculture* (CSA), digitalisasi logistik, pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) bersama *Internet of Things* (IoT), analisis big data, serta pemodelan spasial berbasis *Geographic Information System* (GIS). Gabungan instrumen ini tidak lagi diaplikasikan secara terpisah, melainkan dilebur menjadi satu kesatuan demi

membentengi sistem pangan dari guncangan pasokan, kerentanan produksi, dan karut-marut distribusi.

Tabel 2. Klasifikasi Ulasan Literatur terkait Mitigasi Resiko dalam sistem pangan

Topik Artikel	Sitasi
<i>Digitalization of the food supply chain</i>	(John <i>et al.</i> (2026); MacPherson <i>et al.</i> 2025)
<i>Utilization of Artificial Intelligence (AI), Big Data, Machine Learning, and AIoT</i>	(Tamasiga <i>et al.</i> (2023); Joshi <i>et al.</i> (2024); Lai <i>et al.</i> 2025)
<i>Climate Smart Agriculture (CSA) and adaptation of production systems</i>	Clay & Zimmerer (2020); (Challinor <i>et al.</i> (2018)
<i>Geographic Information Systems (GIS) and spatial analysis</i>	(Gumma <i>et al.</i> 2025)
<i>Adaptive policies and risk governance</i>	(Kaklauskas <i>et al.</i> 2026)
<i>Diversification and integration of agricultural production systems</i>	(Deolu-Ajayi <i>et al.</i> 2023)
<i>Adoption of technooogy by farmers</i>	(Akudugu <i>et al.</i> 2023)

Jika melihat sektor hulu,perlindungan terhadap basis produksi tani menjadi prioritas yang tidak bisa ditawar.(Clay & Zimmerer, 2020) menggaris bawahi bahwa penerapan CSA bertindak sebagai Fondasi penting dalam mereduksi risiko ditingkat lahan.Implementasi yang dilakukan mencakup adopsi varietas benih unggul yang lebih adaptif terhadap cuaca ekstrem,hama dan penyakit saat terjadi perubahan iklim,pemulihan kualitas lahan,hingga rekayasa kalender tanam atau tupang sari.Langkah-langkah ini terbukti krusial untuk menjaga stabilitas output pertanian di Africa Rwanda sekaligus memberikan rasa aman bagi petani kecil saat menghadapi ancaman kekeringan atau pergeseran musim yang tidak menentu.

Bergeser ke sektor hilir,fokus mitigasi beralih pada pengamanan jalur distribusi barang yang mengalami hambatan yang dipicu oleh iklim ekstrem kini dijawab dengan modernisasi digital.Menurut (John *et al.*, 2026),digitalisasi membuat perubahan besar dalam menciptakan transparansi pasar,mempermudah jaringan komunikasi antar-pelaku usaha dan mempercepat distribusi.Fleksibilitas yang ditawarkan oleh ekosistem digital ini memastikan bahwa produksi pangan dapat disesuaikan secara instan ketika jalur logistik konvensional lumpuh dikarenakan cuaca yang buruk.

Lompatan teknologi yang paling fundamental dalam 33 literatur saat ini terlihat dari pemanfaatan sistem prediktif berbasis data sehingga dapat membantu dalam memprediksi gangguan-gangguan yang akan terjadi.(Tamasiga *et al.*, 2023) membuktikan di hasil penelitiannya bahwa pemanfaatan AI yang dikombinasikan dengan analisis big

data mampu membaca sinyal gangguan rantai pasok jauh sebelum krisis tersebut terjadi di dunia nyata. Kompetensi komputasi dalam mendeteksi pola cuaca ekstrem dan fluktuasi panen ini mempermudah dalam mengambil keputusan yang akan diambil sehingga dapat bertindak lebih cepat dan tepat. Selaras dengan hal tersebut, (Joshi *et al.*, 2024) menambahkan bahwa efisiensi tata kelola agro-pangan modern sangat bergantung pada algoritma *machine learning*, yang mengubah secara masif dalam proses pengambilan keputusan yang awalnya tradisional menjadi sepenuhnya berbasis data.

Di tingkat operasional, integrasi data terwujud melalui teknologi AIoT (*Artificial Intelligence of Things*). (Lai *et al.*, 2025) mengungkapkan bahwa smart agriculture berbasis AIoT memungkinkan petani memantau indikator vital—seperti suhu, kualitas air, dan fase tumbuh tanaman—secara real-time dan presisi, yang terbukti efektif menekan risiko gagal panen. Namun, kecanggihan teknologi hulu-hilir ini memerlukan dukungan regulasi dan pemetaan spasial agar optimal. (Kaklauskas *et al.*, 2026)) menekankan perlunya analisis kebijakan adaptif agar regulasi ketahanan pangan tetap elastis menghadapi ketidakpastian iklim. Secara teknis, implementasi ini dilengkapi oleh penggunaan crop models untuk memproyeksikan fluktuasi hasil panen (Challinor *et al.*, 2018) serta pemanfaatan GIS untuk zonasi lahan pertanian yang sesuai dengan karakteristik iklim lokal (Gumma *et al.*, 2025). Sintesis ini mengonfirmasi adanya pergeseran paradigma yang fundamental. Mitigasi risiko global tidak lagi bertumpu pada dogma lama yang hanya mengejar kuantitas produksi, melainkan telah bergeser ke arah sinkronisasi teknologi digital, elastisitas kebijakan publik, dan analisis data demi menjamin stabilitas pangan di tengah ketidakpastian iklim.

Temuan-temuan tersebut menjawab pertanyaan penelitian kedua (RQ2) dengan menunjukkan bahwa strategi mitigasi risiko perubahan iklim pada rantai pasok pangan diterapkan secara berlapis pada sektor hulu dan hilir. Di sektor hulu, strategi mitigasi diwujudkan melalui *Climate Smart Agriculture* (CSA), diversifikasi varietas benih, dan perbaikan kualitas lahan untuk memperkuat basis produksi. Di sektor hilir, mitigasi dilakukan melalui digitalisasi rantai pasok serta pemanfaatan AI, big data, dan AIoT untuk membangun sistem peringatan dini dan efisiensi distribusi, yang didukung oleh kebijakan adaptif dan analisis spasial berbasis GIS. Integrasi antara teknologi hulu dan hilir inilah yang menjadi inti dari strategi mitigasi risiko dalam sistem pangan.

Hasil sintesis literatur (Tabel 3) menunjukkan bahwa resiliensi tidak lagi sekadar dimaknai sebagai kemampuan bertahan dari krisis, melainkan kapasitas sistem untuk

pulih, beradaptasi, dan bertransformasi dalam jangka panjang. (Meuwissen et al., 2019) merumuskan tiga pilar utama dalam ekosistem pangan yang tangguh, yaitu daya tahan (robustness) saat terjadi guncangan, kemampuan adaptasi (adaptability) terhadap perubahan kondisi, serta kapasitas transformasi (transformability) menuju sistem yang lebih berkelanjutan.

Tabel 3. Klasifikasi Ulasan Literatur terkait peningkatan resiliensi rantai pasok pangan

Judul Artikel	Sitasi
<i>Food system resilience framework and indicators</i>	(Meuwissen et al. 2019; Reidsma et al. 2023)
<i>Strengthening community and local-based food systems</i>	(Rosman et al. 2024; Mkhize et al. 2023)
<i>Recovery capacity of farming businesses and rural areas</i>	(Timpanaro & Foti 2024; Czekaj et al. 2020)
<i>Recovery and resilience of rural farms in Sicily (Italy)</i>	(Timpanaro & Foti 2024)
<i>Utilization of technology to increase adaptive capacity</i>	Akudugu et al. 2023; Clay & Zimmerer (2020)
<i>Resilience of food systems in the face of global crises</i>	(Fan et al. 2021; Adamchick & Perez 2020)
<i>Economic sustainability as a supporting factor for resilience</i>	(Manevska-Tasevska et al. 2024; Tingey-Holyoak et al. 2024)
<i>Sustainability transition policies and food system transformation</i>	(Trèves et al. 2025)

Di tingkat tapak, fleksibilitas operasional dan penguatan basis lokal menjadi kunci. (Reidsma et al., 2023) membuktikan bahwa diversifikasi produksi dan efisiensi sumber daya mampu menjaga stabilitas sektor pertanian saat krisis ekonomi maupun iklim melanda. Dari aspek sosial, pertanian berbasis komunitas (*community supported agriculture*) terbukti efektif memotong jarak distribusi, sehingga pasokan pangan lokal tetap aman meskipun jalur logistik global terganggu (Rosman et al., 2024) Kecepatan proses pemulihan (*recovery*) pasca-gangguan ini juga sangat dipengaruhi oleh dukungan kelembagaan dan soliditas kerja sama masyarakat di pedesaan (Timpanaro & Foti, 2024).

Akselerasi resiliensi ini kian diperkuat oleh adopsi teknologi dan rekayasa spasial. Pemanfaatan instrumen digital membantu petani mempertahankan aktivitas produksi dan pemasaran selama krisis berkat kemudahan akses informasi pasar (Akudugu et al., 2023) Sementara itu, untuk menekan risiko kelangkaan di wilayah perkotaan,

(Mkhize *et al.*, 2023) mendesak adanya penguatan sistem pangan lokal guna mengurangi ketergantungan pada pasokan jarak jauh. Pelajaran berharga dari pandemi COVID-19 juga menegaskan bahwa wilayah dengan sistem distribusi yang fleksibel, kebijakan adaptif, dan integrasi teknologi jauh lebih tangguh dalam menjaga stabilitas ((Fan *et al.*, 2021) Secara kolektif, hasil analisis ini menegaskan bahwa resiliensi rantai pasok pangan mustahil dicapai hanya dengan meningkatkan kuantitas produksi. Keberhasilan dalam menghadapi berbagai krisis global sangat bersandar pada pendekatan terintegrasi yang menyatukan kesiapan teknologi, partisipasi aktif komunitas lokal, serta dukungan kebijakan adaptif yang mampu menjaga keseimbangan antara produksi, distribusi, dan konsumsi pangan secara berkelanjutan.

Hasil sintesis ini menjawab pertanyaan penelitian ketiga (RQ3) dengan menegaskan bahwa strategi mitigasi berkontribusi terhadap peningkatan resiliensi rantai pasok pangan melalui tiga mekanisme utama. Pertama, strategi tersebut memperkuat daya tahan (*robustness*) sistem pangan terhadap guncangan iklim maupun non-iklim melalui diversifikasi produksi dan penguatan basis lokal. Kedua, strategi tersebut meningkatkan kemampuan adaptasi (*adaptability*) melalui integrasi teknologi digital, AI, dan analisis data yang mempercepat deteksi dini gangguan serta pengambilan keputusan. Ketiga, strategi tersebut mendorong kapasitas transformasi (*transformability*) jangka panjang melalui kebijakan adaptif dan tata kelola yang elastis, sehingga sistem pangan tidak hanya mampu bertahan dari krisis, tetapi juga bertransformasi menuju struktur rantai pasok yang lebih berkelanjutan.

Secara keseluruhan, hasil tinjauan literatur sistematis (*Systematic Literature Review*) ini menunjukkan adanya keterkaitan yang erat antara ketiga pertanyaan penelitian. Identifikasi risiko iklim (RQ1) menjadi dasar perumusan strategi mitigasi yang tepat sasaran (RQ2), dan penerapan strategi tersebut secara konsisten terbukti meningkatkan resiliensi rantai pasok pangan (RQ3). Dengan demikian, ketiga pertanyaan penelitian dalam kajian ini telah terjawab secara komprehensif melalui sintesis temuan dari berbagai literatur yang relevan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan tinjauan literatur terhadap 33 artikel, perubahan iklim terbukti berdampak negatif pada rantai pasok pangan global melalui cuaca ekstrem, ketidakpastian harga, serta kerentanan petani yang mengganggu proses produksi hingga stabilitas pangan. Untuk memitigasi dampak ini, para petani dan aktor terkait menerapkan strategi berbasis teknologi modern—seperti IoT, Big Data, AI, GIS, dan digitalisasi rantai pasok—serta mengombinasikannya dengan praktik *Climate Smart Agriculture* (CSA), diversifikasi pertanian, dan kebijakan adaptif. Kombinasi pemanfaatan teknologi dan penguatan tata kelola ini berhasil meningkatkan ketahanan pangan lokal karena tidak hanya mempercepat pemulihan dan fleksibilitas pasca-gangguan, tetapi juga mampu mentransformasi sistem pangan menjadi lebih adaptif dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

Penguatan ketahanan rantai pasok pangan memerlukan pendekatan yang terintegrasi antara inovasi teknologi, kebijakan yang adaptif, penguatan kelembagaan dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Upaya tersebut penting untuk mendukung keberlanjutan sistem pangan dan menjaga ketahanan pangan dalam menghadapi perubahan tantangan perubahan iklim yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akudugu, M. A., Nkegbe, P. K., Wongnaa, C. A., & Millar, K. K. (2023). Technology adoption behaviors of farmers during crises: What are the key factors to consider? *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100694>
- Challinor, A. J., Müller, C., Asseng, S., Deva, C., Nicklin, K. J., Wallach, D., Vanuytrecht, E., Whitfield, S., Ramirez-Villegas, J., & Koehler, A. K. (2018). Improving the use of crop models for risk assessment and climate change adaptation. *Agricultural Systems*, 159, 296–306. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.07.010>
- Clay, N., & Zimmerer, K. S. (2020). Who is resilient in Africa's Green Revolution? Sustainable intensification and Climate Smart Agriculture in Rwanda. *Land Use Policy*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104558>
- Davis, K. F., Downs, S., & Gephart, J. A. (2020). Towards food supply chain resilience to environmental shocks. *Nature Food*, 2(1), 54–65. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00196-3>
- Fan, S., Teng, P., Chew, P., Smith, G., & Copeland, L. (2021). Food system resilience and COVID-19 – Lessons from the Asian experience. *Global Food Security*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100501>

- Galli, N., Govoni, C., & Rulli, M. C. (2025). Assessing the impact of hydrological extremes on food security from post-disaster reporting. *Global Food Security*. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100889>
- Gumma, M. K., Panjala, P., Gupta, S. K., Sehgal, V. K., Deevi, K. C., Are, A. K., Bellam, P. K., Mohanty, M. R., Swain, S. K., Sawargaonkar, G., Habyarimana, E., & Padhee, A. K. (2025). Geospatial analysis to identify millet suitable areas in the upland rice ecosystem of Odisha. *Journal of Agriculture and Food Research*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101593>
- Harris, F., Amarnath, G., Joy, E. J. M., Dangour, A. D., & Green, R. F. (2022). Climate-related hazards and Indian food supply: Assessing the risk using recent historical data. *Global Food Security*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100625>
- Jiang, Y., Song, G., Zhai, S., Song, H., Wang, S., Zhao, C., & Luo, Z. (2025). The heterogeneous impacts of climate change on food security under SSP-RCPs scenarios: Evidence from Brazil, China, India, Russia, and the United States. *Journal of Agriculture and Food Research*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102467>
- John, A., Verma, V. K., Gupta, S., & Jagtap, S. (2026). Enhancing perishable food supply chain resilience through digitalisation: A DEMATEL-based analysis of key disruptions and technological interventions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2026.103026>
- Joshi, T., Sehgal, H., Puri, S., Karnika, Mahapatra, T., Joshi, M., Deepa, P. R., & Sharma, P. K. (2024). ML-based technologies in sustainable agro-food production and beyond: Tapping the (semi) arid landscape for bioactives-based product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101350>
- Kaklauskas, A., Jayasinghe, G., Rajib, S., Kaklauskienė, L., Ubarte, I., Naimaviciene, J., Naimavicius, S., & Milevicius, V. (2026). Adaptive policy analysis of sustainable and productive agriculture and its context. *Land Use Policy*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2026.108063>
- Lai, Y. C., Huang, C. W., Wu, T. Y., Weng, Y. T., Wang, T. Y., Huang, C. W., Chiang, C. P., & Wang, J. H. (2025). AIoT platform integrated with smart breeding and omics cloud database for Taiwan tilapia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102490>
- Meuwissen, M. P. M., Feindt, P. H., Spiegel, A., Termeer, C. J. A. M., Mathijs, E., de Mey, Y., Finger, R., Balmann, A., Wauters, E., Urquhart, J., Vigani, M., Zawalińska, K., Herrera, H., Nicholas-Davies, P., Hansson, H., Paas, W., Slijper, T., Coopmans, I., Vroege, W., ... Reidsma, P. (2019). A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656>
- Mkhize, X., Mthembu, B. E., & Napier, C. (2023). Transforming a local food system to address food and nutrition insecurity in an urban informal settlement area: A study in Umlazi Township in Durban, South Africa. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100565>
- Naicker, M., Naidoo, D., Slotow, R., & Ngidi, M. S. C. (2025). Exploring the effect of climate change on food supply chains in Africa: a systematic review with a focus

- on South Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1604839>
- Osato Itohan Oriekhoe, Olawale Adisa, & Bamidele Segun Ilugbusi. (2024). Climate Change And Food Supply Chain Economics: A Comprehensive Analysis Of Impacts, Adaptations, And Sustainability. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(3), 267–278. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i3.885>
- Reidsma, P., Accatino, F., Appel, F., Gavrilescu, C., Krupin, V., Tasevska, G. M., Meuwissen, M. P. M., Peneva, M., Severini, S., Soriano, B., Urquhart, J., Zawalińska, K., Zinnanti, C., & Paas, W. (2023). Alternative systems and strategies to improve future sustainability and resilience of farming systems across Europe: from adaptation to transformation. *Land Use Policy*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106881>
- Rosman, A., MacPherson, J., Arndt, M., & Helming, K. (2024). Perceived resilience of community supported agriculture in Germany. *Agricultural Systems*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104068>
- Stone, J., & Rahimifard, S. (2018). Resilience in agri-food supply chains: a critical analysis of the literature and synthesis of a novel framework. *Supply Chain Management: An International Journal*, 23(3), 207–238. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2017-0201>
- Su, I.-H., Wu, L., & Tan, K. H. (2023). The future of the food supply chain: A systematic literature review and research directions towards sustainability, resilience, and technology adoption. *Journal of Digital Economy*, 2, 303–316. <https://doi.org/10.1016/j.jdec.2024.03.001>
- Tamasiga, P., Ouassou, E. houssin, Onyeaka, H., Bakwena, M., Happonen, A., & Molala, M. (2023). Forecasting disruptions in global food value chains to tackle food insecurity: The role of AI and big data analytics – A bibliometric and scientometric analysis. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100819>
- Tchoukouang, R. D., Onyeaka, H., & Nkoutchou, H. (2024). Assessing the vulnerability of food supply chains to climate change-induced disruptions. In *Science of the Total Environment* (Vol. 920). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171047>
- Toruan, J. W. L. (2026). Current Directions and Developments in Research on Environmentally Friendly Food Consumer Behavior: A Systematic Literature Review Arah dan Perkembangan Terkini Penelitian Perilaku Konsumen Pangan Ramah Lingkungan: Systematic Literature Review. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis (JISA)*, 26(1), 2614–4549. <https://doi.org/10.30742/jisa26120265301>
- Toruan, J. W. L., Sirait, S. F., & Muflikh, Y. N. (2025). Lean Supply Chain Strategy In Agribusiness Products: Systematic Literature Review. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis (JEPa)*, 9(1), 83–97. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2025.009.01.9>