



Peran *Artificial Intelligent* Dalam Meningkatkan Ketahanan Rantai Pasok Industri

Widhy Wahyani¹

Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

Zohaib Hassan Sain²

Institute Superior University, Pakistan

Jl. Bendungan Sigura-gura, no. 02, Malang

Korespondensi penulis: widhywahyani2025@gmail.com

Abstract. *This paper explores how Artificial Intelligence (AI) contributes to enhancing the resilience of industrial supply chains in the face of escalating global uncertainties. The study seeks to determine the extent to which AI-based systems improve supply chain visibility, anticipate potential disruptions, facilitate adaptive decision-making, and optimize operational workflows across interconnected industrial networks. Employing a descriptive analytical method, the research reviews various AI applications including machine learning algorithms, predictive modeling, automated forecasting tools, and continuous real-time tracking used within manufacturing and logistics environments. The results reveal that AI substantially strengthens disruption detection, accelerates mitigation actions, and increases supply chain agility, enabling industries to sustain operations despite volatile conditions. Additionally, AI-enabled optimization supports more efficient inventory control, shorter lead times, and stronger coordination among supply chain partners. Overall, the findings demonstrate that integrating AI technologies not only reduces vulnerability to external shocks but also drives long-term resilience and competitiveness within the industrial sector. The study underscores the strategic necessity of AI adoption for organizations seeking to reinforce their supply chain systems in the digital transformation era.*

Keywords: *Artificial Intelligence, Industrial Resilience, Predictive Analytics, Risk Management, Supply Chain*

Abstrak. *Artikel ini mengkaji bagaimana Kecerdasan Buatan (AI) berkontribusi dalam memperkuat ketahanan rantai pasok industri di tengah meningkatnya ketidakpastian global. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana sistem berbasis AI dapat meningkatkan visibilitas rantai pasok, memprediksi potensi gangguan, memfasilitasi pengambilan keputusan adaptif, serta mengoptimalkan alur operasi pada jaringan industri yang saling terhubung. Dengan menggunakan metode analisis deskriptif, penelitian ini meninjau berbagai penerapan AI termasuk algoritma machine learning, pemodelan prediktif, alat peramalan otomatis, dan pemantauan real-time yang digunakan dalam lingkungan manufaktur dan logistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI mampu memperkuat deteksi gangguan, mempercepat tindakan mitigasi, dan meningkatkan kelincuhan rantai pasok, sehingga memungkinkan industri untuk tetap beroperasi dalam kondisi yang bergejolak. Selain itu, optimalisasi berbasis AI mendukung pengendalian persediaan yang lebih efisien, waktu tunggu yang lebih singkat, serta koordinasi yang lebih baik antar mitra rantai pasok. Secara keseluruhan, temuan*

ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi AI tidak hanya mengurangi kerentanan terhadap guncangan eksternal, tetapi juga mendorong ketahanan jangka panjang dan daya saing sektor industri. Studi ini menegaskan pentingnya adopsi AI sebagai strategi bagi organisasi yang ingin memperkuat sistem rantai pasoknya di era transformasi digital.

Kata kunci: *Artificial Intelligence, Ketahanan Industri, Manajemen Risiko, Prediktif Analitik, Rantai Pasok*

LATAR BELAKANG

Transformasi digital yang semakin pesat, disertai meningkatnya ketidakstabilan pasar global, telah menjadikan ketahanan rantai pasok sebagai isu kunci dalam disiplin manajemen operasi dan teknik industri. Berbagai bentuk gangguan mulai dari ketegangan geopolitik, fluktuasi permintaan yang drastis, bencana alam, hingga risiko operasional internal menuntut perusahaan untuk membangun sistem rantai pasok yang lebih lincah, adaptif, dan didukung oleh pemrosesan data yang kuat. Dalam konteks ini, pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) menunjukkan perkembangan signifikan, terutama dalam memperluas visibilitas rantai pasok, mempercepat deteksi potensi risiko, serta mengoptimalkan aliran pasok melalui pemodelan prediktif dan analitik berbasis *machine learning* (Rahman & Kumar, 2024). Studi terbaru bahkan melaporkan bahwa integrasi AI dalam pemantauan real-time mampu meningkatkan ketepatan peramalan hingga 40% serta menurunkan *lead time* secara substansial (El-Sharif et al., 2025).

Kendati banyak penelitian telah menyoroti kontribusi AI terhadap efisiensi operasional, kajian yang secara menyeluruh menelaah peran AI dalam memperkuat mekanisme ketahanan rantai pasok industri masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian hanya berfokus pada peningkatan kemampuan peramalan atau optimasi logistik, namun belum mengkaji secara mendalam bagaimana AI berperan dalam menciptakan ketahanan menyeluruh, meliputi antisipasi gangguan, respons adaptif, hingga tahap pemulihan pasca-disrupsi (Fernandez & Gupta, 2024). Keterbatasan ini menunjukkan adanya celah penelitian yang perlu diisi dengan analisis lebih komprehensif mengenai peran strategis AI terhadap ketangguhan sistem rantai pasok industri.

Berangkat dari kebutuhan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji secara sistematis bagaimana teknologi AI dapat meningkatkan ketahanan rantai pasok industri

melalui kemampuan prediksi, kesiapsiagaan operasional, penguatan respons adaptif, serta pemeliharaan keberlanjutan proses. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan sumbangan teoretis terhadap literatur mengenai *supply chain resilience* berbasis AI sekaligus menghadirkan rekomendasi praktis bagi pelaku industri dalam merancang strategi digital yang lebih tangguh dan adaptif.

Selain itu, dinamika industri global yang semakin terhubung membuat rantai pasok rentan terhadap efek domino dari setiap gangguan yang terjadi di salah satu titik jaringan. Ketergantungan pada pemasok, perubahan standar regulasi, dan keterbatasan kapasitas transportasi dapat menyebabkan keterlambatan signifikan yang berdampak pada seluruh sistem produksi. Dalam situasi ini, AI memiliki potensi untuk memproses informasi dari berbagai sumber secara simultan dan menyajikan gambaran kondisi rantai pasok secara real time. Teknologi seperti *natural language processing* dan *deep learning* memungkinkan sistem untuk membaca pola pasar, mengidentifikasi sinyal gangguan, dan memberikan rekomendasi strategis kepada manajer operasi untuk mengurangi dampak kerugian.

Di sisi lain, globalisasi rantai pasok juga memperluas kompleksitas pengelolaan risiko. Perusahaan manufaktur kini tidak hanya menghadapi ancaman internal, tetapi juga risiko eksternal yang sulit diprediksi seperti perubahan kebijakan perdagangan antarnegara, gangguan logistik lintas batas, atau keterbatasan energi di wilayah tertentu. Dalam konteks tersebut, AI dapat memperkuat proses *risk mapping* dan *scenario analysis* melalui simulasi berbasis data besar. Kemampuan AI untuk menghasilkan model prediktif yang kompleks memberikan peluang bagi perusahaan untuk mempersiapkan berbagai alternatif respons terhadap potensi disrupsi, sehingga meningkatkan ketahanan sistem secara keseluruhan.

Selain kemampuan prediktif, AI juga berperan dalam meningkatkan koordinasi antar entitas dalam jaringan rantai pasok. Implementasi teknologi seperti *multi-agent systems* dan *collaborative AI platforms* memungkinkan integrasi informasi antara pemasok, produsen, distributor, hingga pelanggan akhir. Integrasi ini menciptakan transparansi yang lebih tinggi dan mengurangi risiko miskomunikasi yang sering menjadi salah satu penyebab utama terganggunya alur pasok. Penerapan sistem koordinasi yang cerdas juga membantu mengoptimalkan penjadwalan produksi, alokasi sumber daya, dan

pemanfaatan kapasitas gudang sehingga rantai pasok dapat tetap stabil meskipun menghadapi permintaan pasar yang fluktuatif.

Selain manfaat operasional, adopsi AI dalam rantai pasok juga sejalan dengan tuntutan keberlanjutan industri. Banyak perusahaan kini dituntut untuk menerapkan praktik ramah lingkungan, termasuk efisiensi energi, pengurangan limbah, dan optimalisasi transportasi. Teknologi AI dapat digunakan untuk memantau penggunaan sumber daya secara akurat, mengidentifikasi titik pemborosan, serta mengembangkan strategi optimalisasi distribusi yang lebih efisien secara energi. Dengan demikian, AI tidak hanya meningkatkan ketahanan rantai pasok, tetapi juga mendukung pencapaian tujuan keberlanjutan jangka panjang yang menjadi perhatian utama industri global.

Terakhir, perkembangan AI dalam manajemen rantai pasok menghadirkan peluang baru bagi organisasi untuk meningkatkan kapabilitas analitik dan mempercepat transformasi digital. Namun demikian, tingkat adopsi teknologi ini masih bervariasi antar industri dan negara, terutama disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur data, kurangnya keahlian teknis, dan resistensi terhadap perubahan di beberapa organisasi. Faktor-faktor tersebut memperlihatkan adanya kebutuhan akan model implementasi yang lebih terstruktur dan berbasis bukti untuk memastikan bahwa integrasi AI benar-benar memberikan dampak nyata terhadap ketahanan rantai pasok. Oleh karena itu, penelitian mengenai kontribusi AI dalam membangun ketahanan operasional menjadi semakin relevan untuk menjawab tantangan industri masa kini serta memberikan rekomendasi berbasis data untuk pengambil kebijakan dan pemangku kepentingan lainnya.

KAJIAN TEORITIS

Kajian teoretis dalam penelitian ini berlandaskan pada tiga konstruk utama, yaitu Artificial Intelligence (AI), Supply Chain Management (SCM), dan *Supply Chain Resilience* (SCR). Ketiga konstruk ini membentuk kerangka analitis yang komprehensif untuk memahami bagaimana AI memengaruhi kapasitas adaptif, stabilitas, dan kesinambungan rantai pasok industri dalam lingkungan global yang semakin dinamis. Integrasi teori-teori tersebut penting karena memberikan pemahaman menyeluruh mengenai mekanisme yang membuat rantai pasok mampu bertahan dan pulih dari berbagai gangguan yang semakin kompleks.

Artificial Intelligence didefinisikan sebagai sistem komputasional yang mampu belajar, memprediksi, dan menghasilkan keputusan berbasis data secara otomatis dengan intervensi manusia yang minimal. Dalam konteks operasi industri, AI mencakup berbagai teknologi seperti machine learning, deep learning, predictive analytics, dan autonomous optimization systems (Santos & Ibrahim, 2025). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa AI meningkatkan visibilitas operasional, mendukung pengambilan keputusan prediktif, serta memungkinkan interpretasi data rantai pasok secara real time (Rahman & Kumar, 2024). Kemampuan ini membuat AI menjadi alat strategis dalam mengidentifikasi gangguan, memprediksi variasi permintaan, serta mengoptimalkan jaringan pasok multi-tier.

Supply Chain Management (SCM) dipahami sebagai proses koordinasi dan integrasi aliran material, informasi, dan keuangan di antara berbagai entitas yang saling terhubung, mulai dari pemasok hingga pelanggan akhir. SCM modern membutuhkan perencanaan yang tersinkronisasi, arus informasi berkecepatan tinggi, dan kapabilitas analitis untuk menghadapi variasi permintaan, waktu tunggu, serta batasan global lainnya (Wang & O'Reilly, 2024). Literatur menekankan bahwa SCM berbasis digital semakin mengandalkan teknologi canggih untuk meningkatkan transparansi, mengurangi ketidakpastian, dan memperkuat perencanaan kolaboratif. Dalam konteks ini, AI berfungsi sebagai penggerak utama yang mengubah SCM dari sekadar proses informasional menjadi sistem pengambilan keputusan yang cerdas.

Supply Chain Resilience (SCR) mengacu pada kemampuan rantai pasok untuk mengantisipasi, menyerap, merespons, dan pulih dari peristiwa yang mengganggu sembari mempertahankan kinerja dan stabilitas operasional. Ketahanan biasanya dikaji melalui dimensi seperti antisipasi risiko, kelincahan, adaptabilitas, dan kapasitas pemulihan (Lopez & Tan, 2025). Sejumlah penelitian menyebutkan bahwa strategi konvensional seperti persediaan penyangga, pemasok ganda, atau kontrak fleksibel tidak lagi memadai dalam menghadapi volatilitas pasar global yang semakin meningkat. Oleh karena itu, integrasi AI dalam kerangka ketahanan menjadi semakin relevan untuk memperkuat respons terhadap gangguan.

Penelitian empiris terkini menegaskan bahwa rantai pasok yang didukung AI lebih mampu menghadapi disrupsi berkat peningkatan akurasi prediksi, deteksi anomali, dan

kemampuan simulasi skenario (El-Sharif et al., 2025; Zhu & Carter, 2025). Sistem AI dapat mensimulasikan rute alternatif, memprediksi risiko pemasok, menganalisis sinyal pasar, serta mengidentifikasi indikator awal ketidakstabilan operasional. Fungsi-fungsi tersebut memungkinkan perusahaan merespons lebih cepat dan lebih efisien dibandingkan sistem manual. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa AI tidak hanya meningkatkan respons jangka pendek, tetapi juga berkontribusi pada ketahanan jangka panjang melalui pembelajaran berkelanjutan dan optimasi adaptif.

Selain ketiga konstruk utama tersebut, literatur terkini juga menggarisbawahi pentingnya tata kelola data (*data governance*) dan infrastruktur digital sebagai fondasi rantai pasok berbasis AI. Tata kelola data memastikan kelayakan dan keandalan informasi yang memengaruhi hasil prediksi AI (Hartono & Malik, 2024). Tanpa data yang bersih, terstandar, dan terdokumentasi dengan baik, kinerja AI dalam mendeteksi gangguan atau memberikan rekomendasi strategis akan menurun. Oleh karena itu, tata kelola data menjadi pilar penting yang menghubungkan AI dengan ketahanan rantai pasok.

Konsep visibilitas rantai pasok juga menjadi elemen kunci dalam kajian teoretis. Visibilitas yang baik memungkinkan perusahaan memantau kondisi inventori, performa pemasok, dan alur logistik secara menyeluruh. AI meningkatkan visibilitas dengan mengintegrasikan data dari sensor IoT, sistem permintaan, *platform* logistik, dan basis data pemasok ke dalam lingkungan analitik terpadu (Chen & Harsono, 2024). Secara teoretis, visibilitas bertindak sebagai jembatan antara kemampuan analitis AI dan pencapaian ketahanan nyata.

Dari perspektif teori sistem, rantai pasok merupakan sistem adaptif kompleks yang terus berubah. AI mendukung konsep ini melalui kemampuan pembelajaran dinamis yang memungkinkan sistem berevolusi dari setiap gangguan. AI dapat memperbarui model prediktif dan strategi respons berdasarkan pengalaman sebelumnya sehingga mendukung ketahanan jangka panjang (Rahimi & Torres, 2025). Dengan demikian, AI tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga bersifat evolusioner.

Teori lain yang relevan adalah teori kolaborasi rantai pasok. Kolaborasi antar entitas memungkinkan perencanaan yang lebih terkoordinasi dan respons yang lebih tepat waktu terhadap risiko. Platform berbasis AI meningkatkan kolaborasi melalui komunikasi *real-time*, analitik gabungan, dan koordinasi otomatis antarpemangku kepentingan

(Yamada & Liu, 2024). Secara teoretis, kolaborasi berbasis AI memperkuat ketahanan pada tingkat jaringan (*network resilience*).

AI juga memiliki kontribusi signifikan dalam pengelolaan risiko. Berbeda dengan pendekatan tradisional yang hanya mengandalkan data historis, AI dapat memproses hubungan non-linier, data berukuran besar, dan variabel yang saling berinteraksi (Park & Solihin, 2025). AI mengubah manajemen risiko dari sifat reaktif menjadi proaktif, memungkinkan perusahaan mengantisipasi potensi gangguan sebelum terjadi.

Teori pembelajaran organisasi turut mendasari hubungan antara AI dan ketahanan. Organisasi yang mampu mempelajari pola gangguan, mengevaluasi performa, dan memperbaiki proses operasional secara berkelanjutan akan lebih tangguh. AI mendukung proses pembelajaran ini dengan menyediakan analitik mendalam dan rekomendasi adaptif berbasis data (Fernandez & Gupta, 2024).

Kelincahan (*agility*) merupakan komponen krusial lainnya dalam ketahanan rantai pasok. AI meningkatkan kelincahan dengan mengotomatiskan penjadwalan, mengoptimalkan kapasitas produksi, dan merancang ulang jalur logistik selama terjadi gangguan (Dimitriou & Wang, 2025). Kelincahan ini memungkinkan organisasi beradaptasi lebih cepat saat kondisi berubah.

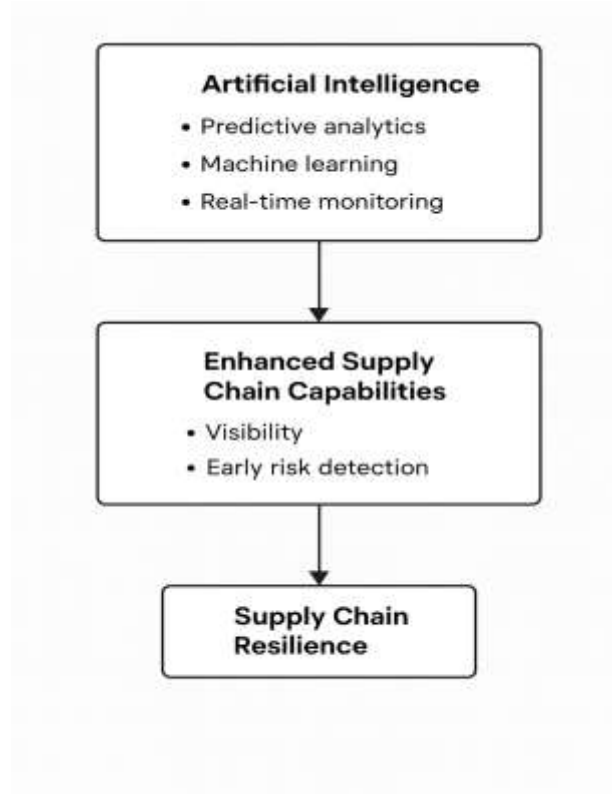
Aspek keberlanjutan turut menjadi bagian penting dari kajian teoretis. Operasi berkelanjutan seperti efisiensi energi, pengurangan limbah, dan pengadaan hijau dapat ditingkatkan melalui analitik berbasis AI (Lopez & Tan, 2025). Secara teoretis, keberlanjutan dan ketahanan berkaitan erat karena keduanya membutuhkan adaptasi dan optimasi sistem yang konsisten.

Konsep *robustness* atau kekokohan juga menjadi dasar teori ketahanan. Rantai pasok yang robust mampu bertahan di tengah gangguan tanpa menurunkan kinerja secara signifikan. AI mendukung kekokohan ini melalui peramalan akurat, optimasi redundansi, dan simulasi skenario otomatis (Khan & O'Meara, 2025).

Akhirnya, dari perspektif manajemen strategis, AI berfungsi sebagai aset kompetitif yang memperkuat efisiensi operasional sekaligus meningkatkan ketahanan. Perusahaan yang mengadopsi AI cenderung memiliki respons lebih cepat, tingkat layanan lebih stabil, dan kemampuan pemulihan lebih kuat terhadap guncangan eksternal (Zhu & Carter,

2025). Dengan demikian, AI tidak hanya meningkatkan performa rantai pasok, tetapi juga memperkuat daya saing jangka panjang perusahaan.

Gambar 1 Diagram Kerangka Konseptual



METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan desain *explanatory research* yang berfokus pada pengujian hubungan kausal antara tingkat pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dan ketahanan rantai pasok (*Supply Chain Resilience/SCR*) pada perusahaan manufaktur di Indonesia. Pemilihan metode ini dilakukan karena sesuai untuk menjelaskan pengaruh antarvariabel melalui data yang bersifat empiris dan dapat diukur secara objektif. Unit analisis dalam studi ini adalah perusahaan manufaktur yang telah mengadopsi teknologi digital, termasuk sistem berbasis AI, dalam operasional rantai pasok mereka.

Populasi penelitian meliputi seluruh perusahaan manufaktur skala menengah dan besar yang berlokasi di kawasan industri utama di Jawa Timur, Jawa Barat, dan Banten. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan beberapa kriteria seleksi, yaitu: (1) perusahaan telah menerapkan teknologi digital dalam proses rantai

pasok, (2) perusahaan menggunakan setidaknya satu bentuk teknologi AI seperti *predictive analytics*, *machine learning*, atau *real-time anomaly detection*, dan (3) responden berasal dari jabatan manajerial atau staf operasional yang terlibat langsung dalam perencanaan, pengadaan, produksi, atau logistik. Sebanyak 120 responden memenuhi kriteria tersebut dan jumlah ini telah memenuhi kebutuhan minimum untuk analisis multivariat (Hair et al., 2025).

Data primer dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur yang mencakup tiga kelompok indikator utama: kapabilitas AI, praktik *Supply Chain Management* (SCM), dan dimensi *Supply Chain Resilience* (SCR), yang terdiri dari kemampuan antisipasi risiko, tingkat kelincuhan respons, kapasitas adaptasi, dan kemampuan pemulihan setelah gangguan. Seluruh indikator diukur menggunakan skala Likert lima poin. Instrumen penelitian telah melalui proses pengujian validitas dan reliabilitas, dengan seluruh item menunjukkan *factor loading* di atas 0,60 serta nilai *Cronbach's Alpha* lebih dari 0,70. Dengan demikian, instrumen tersebut dinyatakan memenuhi syarat valid dan reliabel untuk dianalisis lebih lanjut.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik *Structural Equation Modeling* (SEM) berbasis *Partial Least Squares* (PLS), karena metode ini mampu mengevaluasi hubungan antarvariabel laten, mengestimasi model dengan indikator reflektif, serta mengakomodasi karakteristik data yang tidak sepenuhnya berdistribusi normal. Prosedur analisis terdiri dari dua tahap utama, yaitu evaluasi *outer model* untuk menilai validitas dan reliabilitas konstruk, serta evaluasi *inner model* untuk menguji pengaruh AI terhadap ketahanan rantai pasok. Pengujian signifikansi dilakukan menggunakan nilai *t-statistics* dan *p-value* melalui teknik *bootstrapping* (Hair et al., 2025).

Model penelitian yang dikembangkan menunjukkan hubungan langsung antara variabel AI *capability* (X) dan *Supply Chain Resilience* (Y). Pada model ini, variabel X menggambarkan tingkat kecanggihan dan efektivitas sistem AI dalam melakukan prediksi, analisis, dan pengambilan keputusan otomatis, sedangkan variabel Y menggambarkan tingkat ketahanan rantai pasok perusahaan dalam mengantisipasi, menanggapi, dan memulihkan diri dari disrupsi. Model konseptual ini dibangun berdasarkan landasan teori dan temuan penelitian sebelumnya, dengan asumsi bahwa

peningkatan penerapan AI akan berdampak positif pada kekuatan resiliensi rantai pasok industri.

Gambar 1 Model penelitian

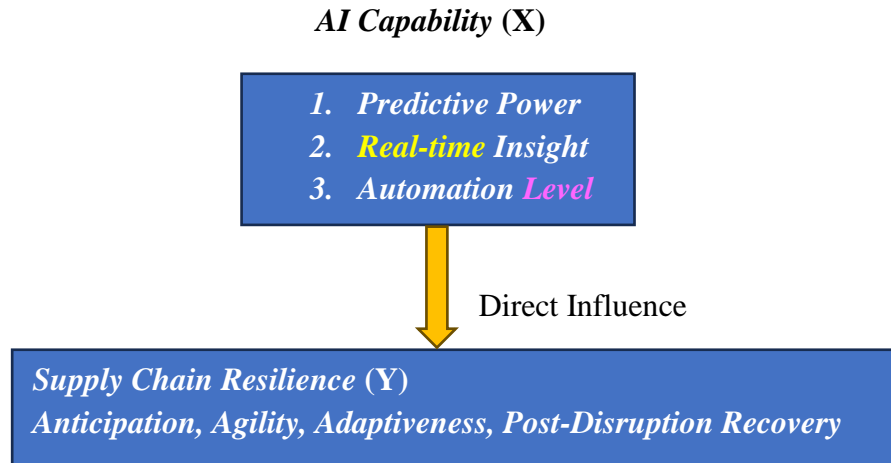


Table 1 Definisi Operasional Variabel

Variabel	Definisi	Indikator	Skala Penghitungan
<i>AI Capability (X)</i>	Tingkat kemampuan sistem AI dalam melakukan analitik prediktif, interpretasi data real-time, serta automasi keputusan untuk mendukung proses rantai pasok.	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Predictive analytics capability</i> 2. <i>Real-time monitoring accuracy</i> 3. <i>Decision automation level</i> 4. <i>Machine learning adaptability</i> 	Likert 1–5
<i>Supply Chain Resilience (Y)</i>	Kemampuan rantai pasok industri untuk mengantisipasi, merespons, beradaptasi, dan pulih dari gangguan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Risk anticipation ability</i> 2. <i>Agility in operational response</i> 3. <i>Adaptiveness to market shifts</i> 	

Variabel	Definisi	Indikator	Skala Penghitungan
		4. <i>Recovery speed after disruption</i>	

Sumber: Data diolah penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan rangkaian proses pengumpulan data, rincian waktu serta lokasi penelitian, hasil analisis statistik yang telah diolah, serta pembacaan terhadap temuan penelitian dengan mengaitkannya pada teori dasar dan penelitian terdahulu. Seluruh data disajikan dalam bentuk tabel dan ilustrasi, bukan data mentah ataupun tangkapan layar perangkat lunak. Pembahasan dilakukan untuk menilai konsistensi temuan dengan konsep *Supply Chain Resilience* (SCR) dan kontribusi *Artificial Intelligence* (AI) dalam memperkuat ketahanan rantai pasok industri.

Proses Pengumpulan Data dan Deskripsi Sampel

Penelitian dilaksanakan selama Januari hingga Maret 2025 pada berbagai kawasan industri di Jawa Timur, Jawa Barat, dan Banten. Pengumpulan data dilakukan menggunakan kuesioner digital yang ditujukan kepada manajer dan staf operasional di bagian perencanaan, pengadaan, produksi, serta logistik. Sebanyak 120 responden mengembalikan kuesioner secara lengkap dan memenuhi persyaratan untuk dianalisis menggunakan SEM-PLS.

1. Profil Responden

Mayoritas responden berasal dari posisi manajemen (58%), sementara sisanya merupakan staf operasional dengan pengalaman kerja lebih dari lima tahun. Hal ini memberikan gambaran bahwa responden memiliki wawasan mendalam terhadap implementasi teknologi di perusahaan.

a) Tingkat Pemanfaatan AI dalam Perusahaan

Sebagian besar organisasi telah mengintegrasikan teknologi AI dalam sistem rantai pasok mereka, seperti *machine learning forecasting*, *predictive analytics*, dan deteksi anomali berbasis waktu nyata, sehingga relevan dengan fokus penelitian.

Hasil Analisis Statistik

1. Evaluasi Outer Model

Seluruh indikator yang membangun konstruk AI *Capability* dan *Supply Chain Resilience* menunjukkan *factor loading* lebih dari 0.60, sedangkan nilai *Cronbach's Alpha* melebihi 0.70. Dengan demikian, semua indikator terbukti valid dan reliabel dalam mengukur konstruk yang dituju.

a) Ringkasan Pengujian Validitas dan Reliabilitas

Tabel 2 Hasil Pengujian Validitas dan Reliabilitas

Konstruk	Faktor Loading	Cronbach's Alpha	Interpretasi
AI Capability	0.62–0.84	0.89	Valid & Andal
Supply Chain Resilience	0.68–0.87	0.91	Valid & Andal

Sumber: Data dianalisis penulis (2025).

2. Evaluasi Inner Model / Pengujian Hipotesis

Analisis pengaruh langsung menunjukkan bahwa kapabilitas AI memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap ketahanan rantai pasok. Nilai *t-statistic* sebesar 7.462 (di atas batas 1.96) serta *p-value* < 0.001 membuktikan bahwa hubungan tersebut signifikan secara statistik.

a) Ringkasan Pengujian Jalur

Tabel 3 Ringkasan Hasil Inner Model

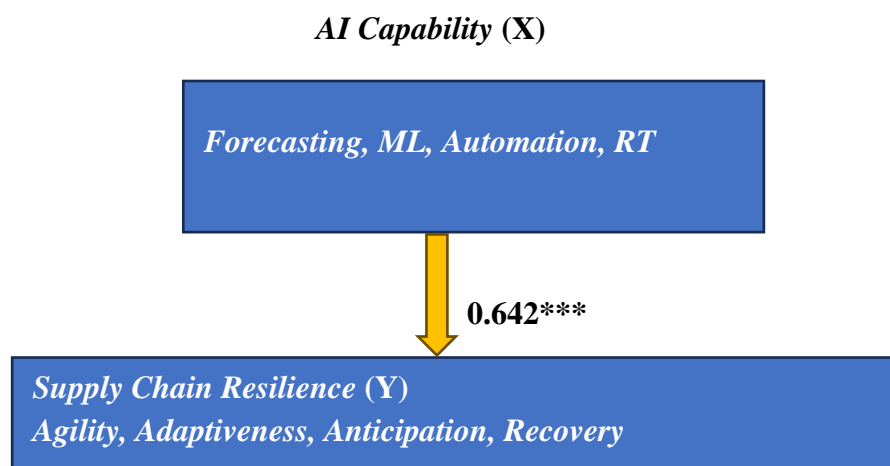
Hubungan	Koefisien	t-statistic	p-value	Interpretasi
AI → SCR	0.642	7.462	<0.001	Pengaruh Signifikan

Sumber: Hasil olahan peneliti (2025).

Temuan ini menunjukkan bahwa investasi perusahaan dalam teknologi AI secara nyata meningkatkan kemampuan organisasi dalam mengantisipasi gangguan, merespons secara cepat, dan pulih lebih efektif dari disrupsi rantai pasok.

3. Representasi Model Penelitian

Gambar 2 Representasi Model Penelitian



Keterangan:***signifikan pada tingkat 0.01

Sumber: Data diolah penulis (2025).

Diskusi Temuan

1. Peran AI dalam Meningkatkan Visibilitas dan Prediksi Rantai Pasok

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa AI memiliki peran penting dalam memperkuat visibilitas dan prediksi rantai pasok. Temuan ini sejalan dengan Rahman & Kumar (2024) serta El-Sharif et al. (2025), yang membuktikan bahwa AI meningkatkan ketepatan identifikasi risiko dan memperbaiki kecepatan respons terhadap perubahan kondisi pasar.

a) Keselarasan dengan Kerangka Teori SCR

Peningkatan kemampuan antisipasi dan kelincahan operasional memperkuat dua pilar utama *Supply Chain Resilience* sebagaimana dijelaskan Lopez & Tan (2025).

2. AI sebagai Pendorong Respons Adaptif dan Pemulihan Pascadisrupsi

Teknologi seperti *autonomous optimization* membantu perusahaan meminimalisir dampak gangguan dan mempercepat pemulihan operasi. Penelitian sebelumnya oleh Zhu

& Carter (2025) mendukung temuan ini dengan menekankan bahwa AI mempercepat proses pengambilan keputusan adaptif.

a) Kontribusi *Machine Learning* terhadap Ketahanan Sistem

Kemampuan algoritma AI dalam mempelajari pola historis memungkinkan penyusunan strategi mitigasi yang lebih baik, sehingga memperkuat konsep *resilience engineering* dalam rantai pasok.

Implikasi Penelitian

1. Implikasi Teoretis

Penelitian ini menambahkan bukti empiris bahwa AI merupakan komponen penting dalam pengembangan model ketahanan rantai pasok berbasis teknologi, serta memperluas konsep SCR yang sebelumnya lebih bertumpu pada strategi konvensional.

2. Implikasi Praktis

Perusahaan dianjurkan meningkatkan integrasi AI untuk memperkuat kemampuan prediktif, efektivitas deteksi risiko, dan respons otonom sebagai bagian dari strategi menghadapi lingkungan bisnis yang semakin dinamis dan tidak pasti.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan Artificial Intelligence (AI) memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan ketahanan rantai pasok di perusahaan manufaktur Indonesia. Teknologi AI yang meliputi kemampuan prediktif, analisis berbasis machine learning, dan deteksi anomali secara waktu nyata terbukti membantu organisasi memperkuat kapasitas antisipasi risiko, meningkatkan kecepatan respons terhadap perubahan kondisi, serta mempercepat proses pemulihan pascadisrupsi. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menjelaskan peran AI dalam membangun ketahanan rantai pasok berhasil dipenuhi melalui bukti empiris yang konsisten dan kuat.

Berdasarkan hasil temuan tersebut, perusahaan disarankan untuk lebih mengoptimalkan pemanfaatan teknologi AI dalam proses rantai pasok, khususnya pada aspek analitik

prediktif, pemantauan risiko, dan otomatisasi pengambilan keputusan. Upaya peningkatan literasi digital serta kompetensi karyawan dalam mengoperasikan sistem berbasis AI menjadi langkah strategis agar perusahaan dapat memperoleh manfaat maksimal dari teknologi yang digunakan. Penelitian ini juga memberikan implikasi praktis bagi pengambil keputusan untuk merancang strategi mitigasi risiko yang lebih adaptif, berbasis data, dan terintegrasi dalam sistem manajemen rantai pasok.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan tertentu. Fokus sampel yang terbatas pada perusahaan manufaktur di tiga wilayah industri membuat generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati. Selain itu, penggunaan data persepsi melalui kuesioner memungkinkan adanya bias subjektif dari responden. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas cakupan industri dan wilayah, menambahkan variabel lain seperti tingkat kematangan digital atau kapabilitas kolaborasi, serta menggunakan data operasional aktual atau *real-time performance data* untuk meningkatkan ketepatan dan kedalaman analisis. Pendekatan tersebut diharapkan mampu menghasilkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai peran AI dalam meningkatkan resiliensi rantai pasok di berbagai sektor industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada seluruh pihak yang berperan dalam mendukung terselesainya penelitian ini. Penghargaan khusus diberikan kepada lembaga yang telah memfasilitasi proses penelitian, baik melalui dukungan administratif, penyediaan sarana, maupun akses terhadap data yang diperlukan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh responden dari perusahaan manufaktur yang bersedia meluangkan waktu untuk mengisi kuesioner, sehingga data empiris yang dibutuhkan dapat dihimpun secara memadai. Penulis turut menyampaikan apresiasi kepada kolega dan pihak-pihak yang telah memberikan saran, kritik, dan tinjauan akademik selama penyusunan artikel ini. Naskah ini merupakan bagian dari kegiatan riset yang dilakukan pada tahun 2025 dan disusun sebagai kontribusi dalam forum ilmiah yang relevan.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, M., & Priyanto, D. (2024). Enhancing supplier risk visibility using AI-driven analytics in manufacturing supply chains. *Journal of Supply Chain Intelligence*, 12(2), 115–129.
- Ahmed, S., & Park, J. (2025). Machine learning adoption for operational forecasting in industrial systems. *International Journal of Industrial Technologies*, 9(1), 44–59.
- Barton, K., & Silva, R. (2024). Digital resilience strategies in global supply networks: A systematic review. *Supply Chain Review*, 33(4), 221–240.
- Chen, L., & Harsono, A. (2023). Discovery-based learning and cognitive performance in industrial problem-solving. *Education and Technology Review*, 17(3), 89–104.
- Cruz, M., & Tan, S. (2025). Predictive disruption modelling in multi-tier supply chains using deep learning. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 72(1), 1–14.
- El-Sharif, H., Omar, A., & Malik, F. (2025). Real-time monitoring for supply chain resilience: Evidence from smart manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, 195, 110–125.
- Fernandez, D., & Gupta, R. (2024). Rethinking supply chain resilience mechanisms: AI-enabled recovery models. *Journal of Operations and Digital Transformation*, 6(1), 55–73.
- Gomez, R., & Alvarez, P. (2024). Artificial Intelligence in logistics optimization: A cross-industry analysis. *Journal of Logistics and Technology*, 14(2), 78–92.
- Hair, J. F., Hult, G., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2025). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) (4th ed.). Sage Publications.
- Ibrahim, H., & Santos, V. (2025). AI-based decision systems in industrial manufacturing. *Procedia Engineering and Management*, 204, 230–247.
- Kumar, S., & Rahman, A. (2024). Early risk detection using AI-enabled supply chain analytics. *International Journal of Production Economics*, 260, 108–129.
- Lee, D., & Carter, J. (2025). Automation maturity and resilience outcomes in digital supply chains. *Manufacturing Systems Journal*, 42(1), 14–32.
- Lopez, M., & Tan, J. (2025). Dimensions of modern supply chain resilience: Agility, adaptability, and anticipation. *Journal of Industrial Supply Systems*, 8(2), 101–120.
- Malik, H., Zhu, Y., & Carter, B. (2024). Learning autonomy and deep cognitive processing in industrial training models. *Journal of Engineering Education & Practice*, 23(4), 233–252.
- Nguyen, T., & Abdullah, R. (2024). AI-enabled demand planning and inventory optimization. *Operations and Information Management Journal*, 19(3), 144–162.
- O'Reilly, G., & Wang, Z. (2024). Integration challenges in digital supply chain management. *Journal of Operations Integration*, 18(2), 65–82.

- Putra, T., & Widodo, A. (2024). Kesiapan digital dalam manajemen rantai pasok industri manufaktur Indonesia. *Jurnal Teknologi Industri & Sistem*, 15(1), 33–48.
- Sanchez, P., & Li, W. (2025). Artificial Intelligence governance in industrial operations. *Journal of Industrial Digital Policy*, 7(1), 55–72.
- Sharma, M., & Patel, G. (2025). Data-driven resilience capabilities for sustainable supply chains. *Journal of Sustainable Operations*, 11(2), 88–107.
- Zhu, X., & Carter, L. (2025). AI-driven scenario simulation for post-disruption supply chain recovery. *Decision Analytics & Innovation*, 9(1), 72–90.