

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan digitalisasi telah mengubah paradigma *supply chain management* secara fundamental. Era Revolusi Industri 4.0 menuntut transformasi digital yang komprehensif dalam seluruh aspek operasional bisnis, termasuk *supply chain management* yang menjadi tulang punggung daya saing organisasi (Xu et al., 2018). *Supply chain* modern tidak lagi dapat dikelola dengan pendekatan konvensional yang bersifat reaktif dan berbasis intuisi, melainkan membutuhkan sistem yang adaptif, prediktif, dan berbasis data untuk menghadapi kompleksitas dan dinamika pasar global.

Supply Chain Management kontemporer dihadapkan pada berbagai tantangan strategis yang semakin kompleks. Pertama, tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam *demand forecasting* akibat volatilitas pasar dan perubahan perilaku konsumen yang sulit diprediksi (Chopra & Meindl, 2019). Survei yang dilakukan oleh McKinsey (2020) mengungkapkan bahwa 73% perusahaan global mengalami kesulitan dalam memprediksi permintaan pasar dengan akurat, yang berdampak pada *inefficiency* dalam alokasi sumber daya dan perencanaan produksi.

Kedua, keterbatasan visibilitas *end-to-end* sepanjang *supply chain* menjadi hambatan utama dalam mencapai *operational excellence*. Penelitian Christopher (2016) menunjukkan bahwa kurang dari 15% perusahaan memiliki visibilitas penuh pemasok tier-2 dan tier-3, sementara 85% gangguan dalam *supply chain*



berasal dari *upstream suppliers* yang berada di luar pengawasan langsung. Keterbatasan visibilitas ini mengakibatkan respon yang terlambat terhadap potensi risiko dan peluang yang muncul dalam *supply chain ecosystem*.

Ketiga, volume data yang dihasilkan dalam *supply chain* meningkat secara eksponensial, dengan perkiraan 2,5 *quintiliun byte* data dihasilkan setiap hari (IBM, 2020), namun sebagian besar organisasi belum mampu mengubah *big data* ini menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti untuk pengambilan keputusan strategis. Menurut Wamba dkk. (2015), hanya 23% perusahaan yang berhasil menerapkan analitik *big data* secara efektif dalam *supply chain operational*.

Keempat, krisis global seperti pandemi COVID-19 telah mengungkap kelemahan mendasar dalam desain *supply chain* tradisional yang ramping namun kurang tangguh (Ivanov, 2020). Gangguan di satu titik dalam jaringan *supply chain* dapat memicu efek domino yang berdampak sistemik pada seluruh *value chain*, seperti yang terlihat pada kolapsnya *supply chain* otomotif, elektronik, dan farmasi pada tahun 2020-2021.

Dalam konteks ini, integrasi teknologi *advanced analytics* merupakan keharusan strategis untuk menciptakan *supply chain* yang cerdas, adaptif, dan tangguh. *Machine Learning* (ML) menyediakan kemampuan analitik prediktif dan preskriptif untuk peramalan permintaan, optimasi persediaan, dan prediksi risiko dengan akurasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode tradisional (Chen et al., 2012). *Natural Language Processing* (NLP) memungkinkan ekstraksi wawasan dari data tidak terstruktur seperti ulasan pelanggan, sentimen media sosial, dan



analisis berita untuk sistem peringatan dini dalam *supply chain risk management* (Liu et al., 2019).

Business Intelligence (BI) menyediakan kerangka kerja terintegrasi untuk konsolidasi data, pemantauan *real-time*, dan dashboard interaktif yang mendukung pengambilan keputusan pada tingkat operasional hingga strategis (Turban et al., 2014). Sementara itu, *Big Data Analytics* (BDA) menyediakan infrastruktur dan metodologi untuk pemrosesan *massive datasets* dari berbagai sumber, memfasilitasi analitik *real-time* dan pemrosesan aliran data yang esensial untuk *supply chain management* yang responsif (Gunasekaran dkk., 2017).

Konvergensi keempat teknologi ini menciptakan efek sinergis yang menghasilkan nilai transformasional dalam kinerja *supply chain management*. Penelitian empiris menunjukkan bahwa organisasi yang menerapkan analitik digital terintegrasi dalam *supply chain management* mencapai peningkatan akurasi perkiraan sebesar 15-25%, pengurangan biaya persediaan sebesar 20-30%, dan peningkatan tingkat layanan pelanggan sebesar 40-50% (Dubey dkk., 2019).

Namun, implementasi digitalisasi rantai pasok berbasis *advanced analytics* masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk: (1) fragmentasi pengetahuan dan praktik terbaik yang tersebar di berbagai bidang penelitian; (2) kurangnya kerangka kerja komprehensif yang mengintegrasikan berbagai teknologi secara holistik; (3) keterbatasan bukti empiris mengenai faktor-faktor kunci keberhasilan dan peta jalan implementasi; serta (4) kesenjangan antara potensi teoretis dan implementasi praktis dalam konteks industri yang berbeda.



Systematic Literature Review (SLR) merupakan metodologi yang tepat untuk mengintegrasikan pengetahuan yang terfragmentasi dan mengidentifikasi penelitian terkini dalam digitalisasi manajemen rantai pasok. SLR memungkinkan sintesis sistematis dari literatur yang tersebar di berbagai jurnal dan prosiding konferensi, sehingga menghasilkan pemahaman komprehensif tentang tren terkini, pola yang muncul, dan arah penelitian masa depan (Tranfield dkk., 2003).

Penggunaan istilah “rantai pasok” dalam konteks akademik Indonesia merupakan adopsi yang tepat dari konsep “*supply chain*” dalam literatur internasional. Pujawan & Mahendrawathi (2017) menekankan bahwa istilah rantai pasok telah menjadi terminologi standar dalam diskursus akademik dan praktik bisnis di Indonesia, mencakup jaringan organisasi yang terlibat dalam aliran hulu dan hilir produk, layanan, informasi, dan sumber daya keuangan.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penerapan *machine learning* (ML) dan analitik prediktif dalam *supply chain management* (SCM) dapat meningkatkan akurasi peramalan permintaan dan perencanaan sumber daya, serta mengurangi ketidakpastian permintaan dan perencanaan sumber daya, serta mengurangi ketidakpastian dalam rantai pasok (Lin dkk, 2022). Integrasi *Big Data* dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan secara *real-time* terhadap pergerakan barang dan pengelolaan inventaris yang lebih efisien (Zamani dkk, 2022).

Selain itu, adopsi *AI* dalam *SCM* juga memfasilitasi otomatisasi tugas-tugas manual, seperti penggunaan chatbot berbasis *AI* dan sistem rekomendasi berbasis *learning* untuk manajemen persediaan (Awan dkk, 2021). Namun,



meskipun berbagai studi telah meneliti penerapan teknologi ini, masih terdapat kesenjangan dalam permodelan strategis untuk mengoptimalkan manfaat jangka panjang *AI* dan *Big Data* dalam *SCM*.

Berdasarkan gap analisis dan urgensi strategis yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pemahaman komprehensif tentang strategi digitalisasi bisnis berbasis *ML*, *NLP*, *BI*, dan *BDA* dalam manajemen rantai pasok melalui pendekatan *Systematic Literature Review*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis berupa kerangka konseptual yang mengintegrasikan berbagai teknologi digital, serta kontribusi praktis berupa pedoman implementasi bagi praktisi dan pembuat kebijakan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana tren penerapan teknologi *Machine Learning (ML)*, *Natural Language Processing (NLP)*, *Business Intelligence (BI)* dan *Big Data Analytics (BDA)* dalam strategi digitalisasi bisnis dalam *supply chain management*?
2. Apa kontribusi masing-masing teknologi (*ML*, *NLP*, *BI*, dan *BDA*) terhadap peningkatan efektivitas dan efisiensi *supply chain management*?
3. Bagaimana integrasi teknologi digital tersebut dapat membentuk strategi digitalisasi bisnis yang adaptif dan tangguh dalam menghadapi dinamika serta ketidakpastian pasar?



4. Apa saja tantangan dan peluang teridentifikasi dalam literatur terkait penerapan strategi digitalisasi berbasis *ML*, *NLP*, *BI*, dan *BDA* dalam *supply chain management*?
5. Rekomendasi apa yang dapat diberikan untuk penelitian dan praktik masa depan terkait strategi digitalisasi *SCM* berbasis teknologi tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi tren penerapan *ML*, *NLP*, *BI*, dan *BDA* dalam strategi digitalisasi Supply Chain Management.
2. Menganalisis kontribusi teknologi tersebut dalam meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta ketahanan *supply chain*.
3. Mengeksplorasi integrasi teknologi digital untuk membentuk strategi digitalisasi bisnis yang responsif dan adaptif.
4. Mengungkap tantangan dan peluang penerapan strategi digitalisasi dalam *SCM* berdasarkan hasil tinjauan literatur.
5. Memberikan rekomendasi strategis dan arah penelitian selanjutnya guna mengoptimalkan pemanfaatan *ML*, *NLP*, *BI*, dan *BDA* dalam konteks *Supply Chain Management*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis:

Yang pertama, memberikan kontribusi pada pengembangan pengetahuan mengenai strategi digitalisasi dalam konteks operasional manajemen rantai pasok. Yang kedua, memperkaya literatur tentang peran



Machine Learning, Natural Language Processing, dan Big Data, dalam mendukung strategi rantai pasok yang adaptif dan tangguh.

2. Manfaat Praktis

Yang pertama, memberikan wawasan bagi praktisi rantai pasok mengenai potensi penerapan *Machine Learning, Natural Language Processing, Business Intelligence* dan *Big Data* serta teknologi analitik untuk meningkatkan efisiensi operasional dan digitalisasi rantai pasok. Yang kedua, menjadi referensi bagi pengambil kebijakan perusahaan dalam merancang strategi berbasis teknologi untuk menghadapi ketidakpastian dan gangguan pada rantai pasok. Yang ketiga, menyediakan peta tantangan dan peluang implementasi teknologi cerdas dalam konteks rantai pasok, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan dan pengambilan keputusan strategis.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

1.5.1 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini memiliki ruang lingkup sebagai berikut:

1. Topik Penelitian:

Fokus pada strategi digitalisasi dalam mendukung operasional manajemen rantai pasok, dengan penekanan pada penerapan teknologi *Machine Learning, Natural Language Processing, dan Big Data*

2. Jenis Penelitian:



Merupakan penelitian kualitatif berbasis kajian literatur sistematis, yang bertujuan mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis hasil-hasil penelitian sebelumnya.

3. Sumber Data:

Data yang digunakan berupa artikel jurnal ilmiah, prosiding konferensi, laporan penelitian, dan publikasi akademik lainnya yang relevan dengan topik.

4. Kerangka Analisis:

Penelitian difokuskan pada pemetaan konsep strategi digitalisasi, peran teknologi analitik, tantangan implementasi, serta rekomendasi dan arah penelitian masa depan.

5. Kontribusi Penelitian:

Memberikan pemahaman menyeluruh tentang penerapan *Machine Learning*, *Natural Language Processing*, dan *Big Data*, teknologi analitik dalam strategi digitalisasi untuk meningkatkan efektivitas operasional manajemen rantai pasok, serta menawarkan peta riset yang dapat menjadi dasar pengembangan penelitian lanjutan.

1.5.2 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan untuk memperjelas cakupan analisis:

1. Penelitian hanya menggunakan pendekatan kajian literatur sistematis, tanpa melakukan pengumpulan data primer melalui survei, wawancara, atau observasi langsung pada perusahaan atau pelaku industri.



2. Sumber literatur yang dianalisis dibatasi pada publikasi ilmiah (jurnal, prosiding, laporan riset), sehingga tidak mencakup sumber populer atau *grey literature* yang tidak memiliki kredibilitas akademik.
3. Fokus analisis teknologi hanya pada *Machine Learning*, *Natural Language Processing*, *Business Intelligence* dan *Big Data*, sehingga teknologi lain (misalnya *blockchain* atau *robotics*) tidak menjadi fokus utama dalam kajian.
4. Penelitian ini memusatkan analisis pada strategi operasional yang berkaitan dengan penerapan *Machine Learning*, *Natural Language Processing*, *Business Intelligence* dan *Big Data* dalam manajemen rantai pasok, sehingga pendekatan lain seperti *lean* atau *agile* yang tidak termasuk dalam kerangka strategi digitalisasi tidak dijadikan fokus utama pembahasan.
5. Penelitian ini bersifat SLR *mixed methods* yaitu SLR kuantitatif untuk melihat tren penggunaan teknologi, dan SLR kualitatif untuk mengidentifikasi strategi bisnis yang ditemukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Strategi Digitalisasi Bisnis

2.1.1 Definisi Digitalisasi Bisnis

Digitalisasi bisnis merupakan proses transformasi fundamental yang mengintegrasikan teknologi digital ke dalam seluruh aspek operasional perusahaan untuk mengubah cara kerja dan memberikan nilai kepada pelanggan (Vial, 2019). Dalam konteks yang lebih luas, digitalisasi tidak hanya sebatas penggunaan teknologi digital, tetapi mencakup perubahan model bisnis, proses operasional, dan budaya organisasi untuk menciptakan efisiensi dan inovasi berkelanjutan (Brennen & Kreiss, 2016).

Menurut Fitzgerald et al. (2014), digitalisasi bisnis dapat didefinisikan sebagai penggunaan teknologi digital untuk mengaktifkan model bisnis baru, alur pendapatan, dan penawaran nilai yang tidak mungkin dilakukan sebelumnya. Konsep ini mencakup tiga dimensi utama: transformasi pengalaman pelanggan, transformasi proses operasional, dan transformasi model bisnis. Dalam hal ini, teknologi digital berfungsi sebagai *enabler* untuk menciptakan cara-cara baru dalam berinteraksi dengan pelanggan, mengoptimalkan operasi internal, dan mengembangkan produk atau layanan inovatif.

Westerman et al. (2014) menekankan bahwa digitalisasi bisnis bukan hanya tentang implementasi teknologi, tetapi tentang bagaimana organisasi dapat
atkan teknologi untuk menciptakan nilai baru. Hal ini memerlukan



perubahan mindset dari pendekatan tradisional yang berfokus pada efisiensi operasional menuju pendekatan yang berfokus pada inovasi dan penciptaan nilai baru melalui pemanfaatan data dan teknologi digital.

2.1.2 Peran Digitalisasi dalam Transformasi Rantai Pasok

Digitalisasi memiliki peran krusial dalam mentransformasi rantai pasok tradisional menjadi rantai pasok yang cerdas dan responsif. Menurut Büyükožkan & Göçer (2018), digitalisasi rantai pasok memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan visibilitas, fleksibilitas, dan kolaborasi di seluruh jaringan rantai pasok. Transformasi ini mencakup integrasi teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), artificial intelligence, blockchain, dan analytics untuk menciptakan rantai pasok yang lebih efisien dan responsif terhadap perubahan pasar.

Peran digitalisasi dalam transformasi rantai pasok dapat dilihat dari beberapa aspek. Pertama, digitalisasi meningkatkan transparansi dan visibilitas di seluruh rantai pasok melalui implementasi sistem tracking dan monitoring real-time. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi bottleneck, memprediksi gangguan, dan mengambil tindakan proaktif untuk meminimalkan risiko (Queiroz et al., 2019).

Kedua, digitalisasi memfasilitasi kolaborasi yang lebih baik antara berbagai *stakeholder* dalam rantai pasok. Platform digital memungkinkan sharing informasi secara real-time, koordinasi aktivitas yang lebih efektif, dan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat. Menurut Holmström et al. (2016), kolaborasi digital ini dapat mengurangi waktu tunggu (lead time), meningkatkan

forecasting, dan menurunkan biaya operasional secara keseluruhan.



Ketiga, digitalisasi memungkinkan implementasi supply chain yang lebih customer-centric. Dengan memanfaatkan data pelanggan dan teknologi analytics, perusahaan dapat mengembangkan strategi rantai pasok yang lebih responsif terhadap kebutuhan dan preferensi pelanggan. Hal ini mencakup customization produk, personalisasi layanan, dan pengembangan model bisnis baru seperti direct-to-consumer (Raj et al., 2020).

2.1.3 Strategi Digitalisasi sebagai Variabel Mediator

Strategi digitalisasi ditempatkan sebagai variabel mediator yang menjembatani hubungan antara pemanfaatan teknologi digital (*Machine Learning/ML*, *Natural Language Processing/NLP*, *Business Intelligence/BI*, dan *Big Data Analytics/BDA*) dengan kinerja manajemen rantai pasok. Pemilihan posisi ini didasarkan pada landasan teoritis bahwa teknologi digital hanyalah sumber daya potensial, yang baru memberikan dampak nyata apabila dikelola melalui strategi organisasi.

Menurut *Resource-Based View* (RBV), teknologi digital termasuk dalam kategori *resource* yang bersifat valuable, rare, dan inimitable, namun dampaknya terhadap kinerja organisasi baru terwujud jika diintegrasikan melalui *capabilities* (Barney, 1991). Dalam konteks ini, strategi digitalisasi dipandang sebagai *capability* yang menjembatani transformasi sumber daya teknologi menjadi peningkatan kinerja rantai pasok. Perspektif ini diperkuat oleh *Dynamic Capability Theory* yang menekankan pentingnya kemampuan organisasi dalam mengkonfigurasi ulang sumber daya digital agar selaras dengan dinamika pasar

isano, & Shuen, 1997).



Literatur terbaru mendukung penempatan strategi digitalisasi sebagai mediator. Vial (2019) menegaskan bahwa teknologi digital tidak secara otomatis meningkatkan kinerja, melainkan melalui proses transformasi dan strategi digital yang terstruktur. Matt et al. (2015) juga menyatakan bahwa strategi digital merupakan jembatan yang menghubungkan teknologi digital dengan kinerja organisasi. Selanjutnya, Warner dan Wäger (2019) menunjukkan bahwa strategi digital memainkan peran penting sebagai “*pathway*” dalam memastikan adopsi teknologi mampu meningkatkan ketahanan dan keunggulan kompetitif perusahaan.

Dalam penelitian ini, strategi digitalisasi didefinisikan sebagai kebijakan, praktik, dan proses yang digunakan organisasi untuk mengintegrasikan *ML*, *NLP*, *BI*, dan *BDA* ke dalam manajemen rantai pasok. Strategi ini dapat diukur melalui empat indikator utama: (1) integrasi teknologi dalam operasi supply chain, (2) otomatisasi proses untuk efisiensi, (3) pemanfaatan data dalam pengambilan keputusan, dan (4) transformasi model bisnis berbasis digital. Tipologi strategi digitalisasi dalam literatur juga meliputi: *operational-focused digitalization* yang berorientasi efisiensi, *analytical-focused digitalization* yang menekankan analisis data, *collaborative digitalization* yang meningkatkan integrasi antar mitra, serta *transformational digitalization* yang mendesain ulang model bisnis (Matt et al., 2015; Vial, 2019).

2.2 Supply Chain Management (SCM) dalam Era Digital

2.2.1 Pengertian dan Komponen Rantai Pasok



Supply Chain Management (SCM) didefinisikan sebagai pengelolaan aliran informasi, dan keuangan secara terintegrasi dari pemasok hingga konsumen

akhir dengan tujuan memenuhi kebutuhan pelanggan secara efisien dan efektif (Mentzer et al., 2001). Dalam konteks yang lebih luas, SCM mencakup perencanaan, implementasi, dan pengendalian operasi rantai pasok dengan fokus pada penciptaan nilai maksimal bagi semua stakeholder yang terlibat.

Menurut Chopra & Meindl (2016), rantai pasok terdiri dari semua pihak yang terlibat, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam memenuhi permintaan pelanggan. Hal ini tidak hanya mencakup manufacturer dan supplier, tetapi juga transporter, warehouse, retailer, dan pelanggan itu sendiri. Setiap entitas dalam rantai pasok memiliki peran spesifik dalam menciptakan dan menyampaikan produk atau layanan kepada konsumen akhir.

Komponen utama rantai pasok meliputi beberapa elemen yang saling berinteraksi. **Perencanaan** mencakup aktivitas demand forecasting, capacity planning, dan strategic sourcing untuk memastikan keseimbangan antara supply dan demand. **Pengadaan** melibatkan proses pemilihan supplier, negosiasi kontrak, dan pengelolaan hubungan dengan pemasok untuk memastikan ketersediaan bahan baku atau komponen yang berkualitas.

Produksi mencakup transformasi bahan baku menjadi produk jadi melalui proses manufacturing yang efisien. Komponen ini melibatkan production planning, quality control, dan optimization proses produksi. **Distribusi** melibatkan pengelolaan inventory, warehousing, dan transportation untuk memastikan produk dapat sampai ke pelanggan pada waktu yang tepat dengan biaya yang optimal.

Pengembalian atau reverse logistics mencakup pengelolaan produk return, , dan disposal untuk mendukung sustainability dan compliance terhadap



regulasi lingkungan. Komponen ini semakin penting dalam era circular economy dan sustainability focus (Guide & Van Wassenhove, 2009).

2.2.2 Tantangan Rantai Pasok Modern

Rantai pasok modern menghadapi berbagai tantangan kompleks yang memerlukan pendekatan inovatif untuk mengatasinya. Menurut Christopher & Holweg (2017), tantangan utama rantai pasok modern meliputi peningkatan kompleksitas, volatilitas permintaan, tekanan biaya, dan tuntutan sustainability yang semakin tinggi.

Kompleksitas Rantai Pasok meningkat seiring dengan globalisasi dan diversifikasi produk. Perusahaan harus mengelola jaringan supplier yang tersebar di berbagai negara dengan regulasi dan kultur yang berbeda. Kompleksitas ini diperparah dengan meningkatnya customization produk dan shortening product lifecycle yang memerlukan fleksibilitas dan responsivitas yang tinggi (Simchi-Levi et al., 2014).

Volatilitas Permintaan menjadi tantangan signifikan karena perubahan preferensi konsumen yang cepat, seasonality yang tidak predictable, dan pengaruh faktor eksternal seperti tren media sosial. Hal ini memerlukan kemampuan forecasting yang akurat dan supply chain agility untuk merespons perubahan demand dengan cepat (Lee, 2004).

Tekanan Biaya yang semakin intensif mengharuskan perusahaan untuk mengoptimalkan setiap aspek rantai pasok tanpa mengorbankan kualitas atau service level. Hal ini mencakup optimalisasi inventory, efisiensi transportation, dan



reduction dalam operational cost melalui automation dan digitalization (Stadtler, 2015).

Sustainability dan Corporate Social Responsibility menjadi tuntutan yang semakin kuat dari konsumen dan regulator. Perusahaan harus mengembangkan green supply chain yang mempertimbangkan dampak lingkungan, tanggung jawab sosial, dan kelayakan ekonomi secara seimbang. Hal ini memerlukan transparansi di seluruh rantai pasok serta penerapan praktik berkelanjutan (Carter & Rogers, 2008).

Risiko dan Ketidakpastian semakin meningkat karena berbagai faktor seperti bencana alam, ketegangan geopolitik, ancaman keamanan siber, dan pandemi seperti COVID-19. Perusahaan harus mengembangkan ketahanan rantai pasok (supply chain resilience) dan strategi manajemen risiko yang efektif untuk mengantisipasi dan mengatasi gangguan (Ponomarov & Holcomb, 2009).

2.2.3 Digital Supply Chain

Digital supply chain merupakan evolusi dari rantai pasok tradisional yang memanfaatkan teknologi digital untuk menciptakan rantai pasok yang lebih cerdas, terhubung, dan responsif. Menurut Gartner (2017), digital supply chain mengintegrasikan sistem siber-fisik, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (artificial intelligence), dan analitik lanjutan (advanced analytics) untuk mengoptimalkan operasi dan pengambilan keputusan di seluruh rantai pasok.

Karakteristik utama digital supply chain meliputi **Visibilitas dan Transparansi** tingkat tinggi melalui pemantauan dan pelacakan secara real-time di seluruh rantai pasok. Teknologi seperti RFID, GPS, dan IoT sensors



memungkinkan perusahaan untuk memiliki visibilitas menyeluruh (end-to-end visibility) mulai dari bahan baku hingga pengiriman akhir kepada konsumen (Ivanov et al., 2019).

Konektivitas dan Kolaborasi yang mulus antara berbagai *stakeholder* dalam rantai pasok melalui digital platform dan solusi berbasis cloud. Hal ini memfasilitasi pertukaran informasi, koordinasi aktivitas, dan perencanaan kolaboratif yang lebih efektif. Platform digital juga memungkinkan integrasi dengan mitra ekosistem seperti penyedia logistik, institusi keuangan, dan penyedia teknologi (Büyüközkan & Göçer, 2018).

Kecerdasan dan Otomatisasi (Intelligence dan Automation) diterapkan melalui implementasi kecerdasan buatan (AI) dan *machine learning* untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan dan pengotomatisasi proses rutin. Algoritma cerdas dapat melakukan peramalan permintaan (demand forecasting), optimasi inventori, perencanaan rute, dan perawatan prediktif (predictive maintenance) secara otomatis dengan akurasi yang tinggi. Otomatisasi juga mencakup robotic process automation (RPA) untuk tugas-tugas administratif dan kendaraan autonom (autonomous vehicles) untuk keperluan transportasi (Min, 2010).

Kelincahan dan Daya Tanggap (Agility dan Responsiveness) memungkinkan rantai pasok untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan kondisi pasar, permintaan pelanggan, atau gangguan pasokan. Rantai pasok digital dapat melakukan rekonfigurasi secara dinamis, sumber alternatif (alternative



sourcing), dan peningkatan secara cepat (rapid scaling) guna merespons perubahan dengan gangguan minimal (Lee, 2004).

Prinsip Keberlanjutan (Sustainability) dan Ekonomi Sirkular (Circular Economy) terintegrasi dalam perancangan operasional rantai pasok. Teknologi digital memungkinkan optimalisasi penggunaan sumber daya, pengurangan limbah, serta penerapan praktik ekonomi sirkular seperti model produk sebagai layanan (product as-a-service) dan logistik balik (reverse logistics) (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

2.2.4 Indikator Kinerja Rantai Pasok

Pengukuran kinerja rantai pasok dalam era digital memerlukan indikator yang komprehensif dan mampu memberikan wawasan secara real-time mengenai kinerja serta area yang perlu ditingkatkan. Menurut model Supply Chain Operations Reference (SCOR), indikator kinerja rantai pasok dapat dikategorikan menjadi lima dimensi utama: kenadalan (reliability), daya tanggap (responsiveness), kelincahan (agility), biaya (cost), dan efisiensi pengelolaan aset (asset management efficiency) (Bolstorff & Rosenbaum, 2012).

Keandalan (Reliability) mengukur kemampuan rantai pasok untuk mengirimkan produk atau layanan sesuai dengan komitmen yang telah ditetapkan. Indikator Kinerja Utama (Key Performance Indicators/KPIs) dalam kategori ini mencakup tingkat pemenuhan pesanan sempurna (perfect order fulfillment rate), kinerja pengiriman tepat waktu (on-time delivery performance), dan tingkat akurasi pesanan (order accuracy rate). Dalam konteks rantai pasok digital, *reliability* dapat

diukur melalui analitik prediktif (predictive analytics) dan pemantauan real-



time yang memungkinkan deteksi dini dan pencegahan terhadap potensi masalah (Gunasekaran et al., 2004).

Responsiveness mengukur kecepatan rantai pasok dalam merespons permintaan pelanggan dan perubahan pasar. Indikator utama mencakup waktu pemenuhan pesanan (order fulfillment lead time), siklus *cash-to-cash*, dan *time-to-market* untuk produk baru. Teknologi digital seperti otomatisasi dan kecerdasan buatan (AI) dapat secara signifikan meningkatkan daya tanggap melalui pemrosesan yang lebih cepat, pengambilan keputusan otomatis, dan optimalisasi alur kerja (workflows) (Beamon, 1999).

Kelincahan (Agility) mengukur kemampuan rantai pasok untuk beradaptasi terhadap volatilitas pasar dan perubahan tak terduga. Indikator Kinerja Utama dalam kategori ini mencakup fleksibilitas terhadap perubahan volume, fleksibilitas dalam variasi produk (mix flexibility), dan waktu pemulihan dari gangguan (recovery time from disruptions). Rantai pasok digital memiliki *agility* yang lebih tinggi karena didukung oleh visibilitas, konektivitas, dan kecerdasan yang memungkinkan rekonfigurasi cepat serta perencanaan skenario alternatif (Christopher, 2000).

Biaya (Cost) mengukur efisiensi finansial rantai pasok dalam memberikan nilai (value) kepada pelanggan. Indikator utama meliputi total biaya rantai pasok (total supply chain cost), harga pokok penjualan (cost of goods sold), dan biaya pelayanan per pelanggan (cost-to-serve per customer). Transformasi digital dapat mengurangi biaya melalui otomatisasi, optimalisasi, dan penghilangan

isieran dalam berbagai proses (Lambert & Pohlen, 2001).



Efisiensi Pengelolaan Aset (Asset Management Efficiency) mengukur efektivitas pemanfaatan assets dalam rantai pasok. KPIs meliputi perputaran inventori (inventory turnover), tingkat pemanfaatan aset (asset utilization rate), dan efisiensi modal kerja (working capital efficiency). Teknologi digital dapat meningkatkan efisiensi aset melalui perawatan prediktif (predictive maintenance), pengelolaan tingkat inventori yang optimal, dan pencocokan permintaan dan pasokan yang lebih baik (better demand-supply matching) (Neely et al., 2005).

2.3 Teknologi Kunci dalam Digitalisasi Bisnis Rantai Pasok

2.3.1 Machine Learning (ML)

Machine Learning (ML) merupakan bagian dari *artificial intelligence* yang memungkinkan sistem komputer belajar secara otomatis belajar dan meningkatkan kinerjanya berdasarkan pengalaman, tanpa perlu diprogram secara eksplisit (Mitchell, 1997). Dalam konteks rantai pasok, ML berfungsi sebagai teknologi pendukung (enabler) yang mampu menganalisis data dalam jumlah besar, mengidentifikasi pola, serta membuat prediksi atau rekomendasi untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan.

Menurut Russell & Norvig (2016), ML dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama berdasarkan pendekatan pembelajarannya (learning approach).

Supervised Learning menggunakan data pelatihan yang berlabel untuk memprediksi hasil dari data baru. Dalam rantai pasok, supervised learning dapat digunakan untuk peramalan permintaan (demand forecasting), prediksi kualitas produk (quality prediction), dan evaluasi kinerja pemasok (supplier performance

n). **Unsupervised Learning** mengidentifikasi pola tersembunyi dalam



data tanpa label yang telah ditentukan sebelumnya, berguna untuk segmentasi pelanggan (customer segmentation), deteksi anomali (anomaly detection), dan analisis keranjang pasar (market basket analysis). **Reinforcement Learning** menggunakan *reward-based system* untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan melalui proses coba-coba (trial and error). Pendekatan ini dapat diterapkan untuk optimasi inventori, permasalahan rute (routing problems), dan penetapan harga dinamis (dynamic pricing).

Fungsi utama Machine Learning (ML) dalam konteks bisnis mencakup pengenalan pola (**Pattern Recognition**) untuk mengidentifikasi tren dan hubungan dalam kumpulan data yang kompleks, yang sulit dideteksi oleh manusia. Algoritma ML dapat menganalisis data historis untuk menemukan pola yang dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi peramalan (forecasting) dan pengambilan keputusan. **Prediction dan Forecasting** merupakan aplikasi ML yang paling umum, memungkinkan perusahaan untuk memprediksi permintaan di masa depan, mengidentifikasi potensi risiko, dan mengantisipasi perubahan pasar dengan tingkat akurasi yang tinggi (Hastie et al., 2009).

Optimasi (Optimization) melalui ML memungkinkan perusahaan untuk menemukan solusi optimal bagi permasalahan kompleks yang melibatkan banyak variabel dan batasan (constraints). Algoritma ML dapat mengoptimalkan tingkat inventori, rute transportasi, jadwal produksi, dan alokasi sumber daya secara simultan untuk mencapai efisiensi menyeluruh. Selain itu, Otomatisasi proses cerdas (**Automation intelligent processes**) melalui ML mengurangi interval



manual dan kesalahan manusia dalam pengambilan keputusan rutin, sehingga perusahaan dapat lebih fokus pada aktivitas strategis (Alpaydin, 2020).

Aplikasi *Machine Learning (ML)* dalam Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management/SCM*) sangat luas dan terus berkembang seiring dengan meningkatnya ketersediaan data dan kemampuan komputasi (*computing power*). Menurut Carbonneau et al. (2008), aplikasi ML dalam SCM dapat dikategorikan ke dalam beberapa area utama yang memberikan nilai signifikan (*significant value*) terhadap kinerja organisasi (*organizational performance*).

Peramalan Permintaan (*Demand Forecasting*) merupakan salah satu aplikasi *machine learning (ML)* yang paling mendasar dalam manajemen rantai pasok (*Supply Chain Management/SCM*). Metode peramalan tradisional sering kali tidak mampu menangkap pola yang kompleks serta variasi musiman dalam data permintaan. Algoritma *ML* seperti *Random Forest*, *Support Vector Machines*, dan *Neural Networks* mampu menganalisis berbagai variabel secara simultan, termasuk penjualan historis, indikator ekonomi, pola cuaca, dan tren media sosial, guna menghasilkan peramalan yang lebih akurat. Penelitian yang dilakukan oleh Ma dan Fildes (2021) menunjukkan bahwa peramalan berbasis *ML* dapat meningkatkan akurasi hingga 20–30% dibandingkan dengan metode tradisional.

Optimasi Inventori (*Inventory Optimization*) memanfaatkan *machine learning (ML)* untuk menentukan tingkat persediaan optimal yang mampu menyeimbangkan antara tingkat layanan (*service level*) dan biaya penyimpanan (*carrying costs*). Algoritma *ML* dapat menganalisis variabilitas permintaan, waktu

emasok (*supplier lead times*), pola musiman, serta struktur biaya guna



mengoptimalkan pengambilan keputusan terkait inventori. *Reinforcement learning* secara khusus memiliki kemampuan yang kuat untuk optimasi inventori dinamis, yang dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi secara *real-time* (Oroojlooyjadid et al., 2020).

Pemilihan Pemasok (*Supplier Selection*) dan Penilaian Risiko (*Risk Assessment*) memanfaatkan *machine learning (ML)* untuk mengevaluasi kinerja pemasok berdasarkan berbagai kriteria serta memprediksi potensi risiko. Model *ML* mampu menganalisis kinerja historis pemasok, stabilitas keuangan, metrik kualitas, serta faktor risiko eksternal untuk memberikan penilaian pemasok yang komprehensif dan evaluasi risiko yang menyeluruh. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan untuk melakukan mitigasi risiko secara proaktif serta meningkatkan manajemen hubungan dengan pemasok (Chai et al., 2013).

Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*) dalam sektor manufaktur dan logistik memanfaatkan *machine learning (ML)* untuk memprediksi kegagalan peralatan sebelum terjadi. Algoritma *ML* menganalisis data sensor, riwayat perawatan, dan parameter operasional guna mengidentifikasi pola yang mengindikasikan potensi kegagalan di masa mendatang. Pendekatan ini memungkinkan pelaksanaan perawatan terjadwal yang dapat meminimalkan waktu henti (*downtime*) serta mengurangi biaya perawatan (Susto et al., 2015).

Pengendalian Kualitas (*Quality Control*) dan Deteksi Cacat (*Defect Detection*) memanfaatkan computer vision dan *machine learning (ML)* untuk melakukan inspeksi kualitas secara otomatis. Model *ML* mampu mengidentifikasi engklasifikasikan permasalahan kualitas, serta memprediksi potensi



gangguan kualitas berdasarkan parameter proses. Pendekatan ini dapat meningkatkan konsistensi kualitas dan mengurangi biaya yang terkait dengan permasalahan kualitas (Wang et al., 2018).

Optimasi Transportasi (*Transportation Optimization*) memanfaatkan *machine learning (ML)* untuk mengoptimalkan rute, penjadwalan, dan pemanfaatan kapasitas dalam operasi logistik. Algoritma *ML* mampu mempertimbangkan berbagai faktor, seperti kondisi lalu lintas, jangka waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, dan biaya bahan bakar, guna menghasilkan rencana transportasi yang optimal. Optimasi dinamis memungkinkan penyesuaian secara *real-time* berdasarkan perubahan kondisi di lapangan (Bektaş & Laporte, 2011).

2.3.2 Natural Language Processing (NLP)

Natural Language Processing (NLP) merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang berfokus pada interaksi antara komputer dan bahasa manusia, sehingga memungkinkan mesin untuk memahami, menafsirkan, dan menghasilkan bahasa manusia secara bermakna dan bermanfaat (Jurafsky & Martin, 2019). Dalam konteks manajemen rantai pasok (*supply chain management*), *NLP* berperan sebagai jembatan untuk mengekstrak wawasan dari data teks tidak terstruktur yang melimpah dalam berbagai aktivitas bisnis.

NLP melibatkan berbagai teknik dan proses yang kompleks. Pra-pemrosesan teks (*text preprocessing*) mencakup proses tokenisasi, stemming, lemmatisasi, serta penghapusan kata-kata umum (*stop words*) untuk menyiapkan data teks mentah sebelum dianalisis. Ekstraksi informasi (*information extraction*)

untuk mengidentifikasi dan mengekstrak informasi relevan dari teks tidak



terstruktur, termasuk pengidentifikasian entitas bernama (*named entity recognition*), ekstraksi hubungan (*relationship extraction*), dan ekstraksi peristiwa (*event extraction*). Analisis sentimen (*sentiment analysis*) digunakan untuk menganalisis nada emosional dalam teks guna memahami opini, sikap, dan emosi yang diungkapkan dalam umpan balik pelanggan atau komunikasi pasar (Manning et al., 2014).

Penerjemahan otomatis (*machine translation*) memungkinkan terjadinya alih bahasa secara otomatis antar berbagai bahasa, yang sangat penting dalam rantai pasok global yang melibatkan berbagai negara dan bahasa. Klasifikasi teks (*text classification*) digunakan untuk mengelompokkan dokumen atau bagian teks ke dalam kategori yang telah ditentukan sebelumnya, berguna dalam mengategorikan pertanyaan pelanggan, komunikasi pemasok, atau dokumen regulasi. Sistem tanya-jawab (*question answering systems*) memungkinkan mesin untuk menjawab pertanyaan secara otomatis berdasarkan basis pengetahuan atau kumpulan dokumen (Khurana et al., 2023).

Fungsi utama *NLP* dalam konteks bisnis meliputi ekstraksi informasi dari volume besar data teks tidak terstruktur seperti email, laporan, kontrak, dan dokumen regulasi. *NLP* dapat secara otomatis mengekstrak informasi penting, mengidentifikasi entitas kunci, dan meringkas konten untuk memfasilitasi pengambilan keputusan. Otomatisasi komunikasi (*communication automation*) diwujudkan melalui penggunaan chatbot, asisten virtual, dan sistem tanggapan otomatis yang dapat menangani pertanyaan rutin dan memberikan informasi kepada

u kepentingan.



Kecerdasan pasar (*market intelligence*) diperoleh melalui analisis terhadap artikel berita, unggahan media sosial, komunikasi pesaing, dan laporan industri untuk mengidentifikasi tren pasar, aktivitas pesaing, serta peluang atau ancaman yang sedang berkembang. Pemantauan risiko (*risk monitoring*) dilakukan melalui analisis terhadap berita, pembaruan regulasi, dan komunikasi pemasok untuk mendeteksi potensi risiko atau isu kepatuhan (Hirschberg & Manning, 2015).

Peran *Natural Language Processing* dalam menganalisis teks dan umpan balik pelanggan sangatlah signifikan dalam manajemen rantai pasok modern. Umpan balik pelanggan merupakan sumber wawasan yang sangat berharga yang dapat digunakan untuk menginformasikan berbagai aspek operasi rantai pasok, mulai dari pengembangan produk hingga peningkatan layanan (Liu, 2012).

Analisis Sentimen Pelanggan (*Customer Sentiment Analysis*) memanfaatkan *Natural Language Processing (NLP)* untuk menganalisis ulasan pelanggan, unggahan media sosial, dan hasil survei umpan balik guna memahami tingkat kepuasan pelanggan, mengidentifikasi masalah utama (*pain points*), serta mendeteksi isu-isu yang sedang berkembang. Analisis sentimen dapat mengklasifikasikan umpan balik sebagai positif, negatif, atau netral, serta mengidentifikasi aspek-aspek spesifik yang berkontribusi terhadap kepuasan atau ketidakpuasan pelanggan. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan untuk mengambil tindakan proaktif dalam menangani masalah sebelum berdampak terhadap kinerja bisnis (Pang & Lee, 2008).

Analisis Suara Pelanggan (*Voice of Customer Analytics*) juga akan *NLP* untuk mengekstrak wawasan yang dapat ditindaklanjuti dari



berbagai komunikasi pelanggan melalui berbagai kanal. *NLP* dapat mengidentifikasi tema umum dalam keluhan pelanggan, permintaan fitur produk, atau saran untuk peningkatan layanan. Analisis ini dapat memberikan masukan berharga dalam pengambilan keputusan pengembangan produk, inisiatif peningkatan layanan, dan perencanaan strategis agar lebih selaras dengan kebutuhan dan harapan pelanggan (Chen et al., 2012).

Deteksi Masalah Kualitas (*Quality Issue Detection*) melalui analisis umpan balik pelanggan memungkinkan identifikasi masalah kualitas atau cacat produk yang mungkin tidak terdeteksi oleh proses pengendalian kualitas internal. *NLP* dapat secara otomatis menandai penyebutan masalah kualitas tertentu, mengategorikan masalah berdasarkan tingkat keparahan, dan melacak tren keluhan yang berkaitan dengan kualitas. Pendekatan ini memungkinkan respon cepat terhadap permasalahan kualitas dan membantu mencegah kerusakan reputasi (Hu & Liu, 2004).

Analisis Komunikasi Pemasok (*Supplier Communication Analysis*) menggunakan *NLP* untuk menganalisis komunikasi dengan pemasok guna mengidentifikasi potensi masalah, memantau kepatuhan terhadap komitmen, dan menilai kualitas hubungan. *NLP* dapat mengekstrak informasi penting dari laporan pemasok, mengidentifikasi risiko atau kekhawatiran, serta memantau indikator kinerja pemasok berdasarkan pola komunikasi. Hal ini berkontribusi dalam peningkatan manajemen hubungan pemasok serta memungkinkan mitigasi risiko secara proaktif (Feldman & Sanger, 2007).



Pemantauan Kepatuhan Regulasi (*Regulatory Compliance Monitoring*) dilakukan melalui analisis *NLP* terhadap dokumen regulasi, komunikasi industri, dan laporan kepatuhan untuk memastikan bahwa seluruh proses rantai pasok mematuhi persyaratan regulasi. *NLP* dapat mengidentifikasi perubahan regulasi yang relevan, mengekstrak persyaratan kepatuhan, serta memantau status kepatuhan di seluruh operasi rantai pasok. Pendekatan ini membantu mengurangi risiko ketidakpatuhan dan memastikan konsistensi terhadap regulasi (Aggarwal & Zhai, 2012).

Kecerdasan Pasar dari Sumber Teks (*Market Intelligence from Text Sources*) memanfaatkan *NLP* untuk menganalisis artikel berita, laporan industri, komunikasi pesaing, dan dokumen riset pasar guna mengekstrak wawasan pasar. *NLP* dapat mengidentifikasi tren pasar, aktivitas kompetitor, perubahan preferensi pelanggan, serta peluang baru yang sedang muncul, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan strategis dalam manajemen rantai pasok.

2.3.3 Business Intelligence (BI)

Business Intelligence (BI) didefinisikan sebagai seperangkat metodologi, proses, arsitektur, dan teknologi yang digunakan untuk mengubah data mentah menjadi informasi yang bermakna dan berguna guna mendukung pengambilan keputusan bisnis (Turban et al., 2011). Dalam konteks manajemen rantai pasok (*supply chain management*), *BI* berfungsi sebagai platform komprehensif yang mengintegrasikan data dari berbagai sumber untuk memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti (*actionable insights*) guna mendukung keputusan strategis dan



Sistem *BI* terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menghadirkan kapabilitas analitik yang menyeluruh. Komponen Data Warehousing berperan sebagai repositori pusat yang menyimpan data terintegrasi dari berbagai sumber dalam format yang telah dioptimalkan untuk keperluan analisis dan pelaporan. Desain data warehouse umumnya mengikuti prinsip dimensional modeling, yang mencakup penggunaan *fact tables* dan *dimension tables* guna memfasilitasi proses kueri dan analisis yang efisien (Kimball & Ross, 2013).

Proses *Extract, Transform, Load (ETL)* bertanggung jawab dalam mengekstraksi data dari berbagai sistem sumber, mengubah data agar konsisten dan berkualitas, serta memuat data ke dalam data *warehouse*. Proses *ETL* modern telah berkembang menjadi lebih kompleks dengan kemampuan untuk menangani integrasi data secara *real-time*, validasi kualitas data, dan penanganan kesalahan guna menjamin keandalan data (Vassiliadis & Simitsis, 2009).

Komponen *Online Analytical Processing (OLAP)* memungkinkan pengguna melakukan analisis multidimensi terhadap data bisnis, dengan kemampuan untuk *drill-down, roll-up, slice, dan dice data* pada berbagai dimensi. Sistem OLAP menyediakan kinerja kueri yang cepat untuk pertanyaan analitik kompleks dan mendukung eksplorasi data secara interaktif guna menemukan pola dan wawasan baru (Codd et al., 1993).

Komponen Pelaporan dan Dasbor (*Reporting and Dashboards*) menyediakan antarmuka pengguna untuk mengakses dan memvisualisasikan

data bisnis. Platform *BI* modern menawarkan kapabilitas *self-service* yang



memungkinkan pengguna bisnis untuk membuat laporan dan dasbor tanpa memerlukan keahlian teknis. Dasbor interaktif menyediakan visibilitas *real-time* terhadap indikator kinerja utama (Key Performance Indicators/KPIs) dan mendukung analisis mendalam untuk investigasi lebih lanjut (Few, 2006).

Data Mining dan *Advanced Analytics* memungkinkan proses penemuan pola tersembunyi, hubungan, dan tren dalam kumpulan data berskala besar. Teknik data mining seperti klasterisasi (*clustering*), klasifikasi, aturan asosiatif (*association rules*), dan model prediktif digunakan untuk mengungkap wawasan yang tidak dapat diperoleh melalui metode pelaporan tradisional. Analitik lanjutan juga mencakup analisis statistik, pemodelan prediktif, dan teknik optimasi (Han et al., 2011).

Business Intelligence memainkan peran yang krusial dalam pengambilan keputusan rantai pasok dengan menyediakan pandangan menyeluruh terhadap kinerja *supply chain* dan memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data di seluruh tingkatan organisasi. Menurut Sahay & Ranjan (2008), aplikasi *BI* dalam *SCM* secara signifikan dapat meningkatkan kualitas keputusan, mengurangi waktu pengambilan keputusan, serta meningkatkan kelincahan organisasi (*organizational agility*) dalam merespons dinamika pasar.

A. Pengambilan Keputusan Strategis (*Strategic Decision Making*)

BI digunakan untuk perencanaan jangka panjang dan inisiatif strategis dalam rantai pasok. Sistem *BI* dapat menganalisis tren pasar, peta persaingan, pola perilaku pelanggan, dan kapabilitas internal untuk mendukung pengambilan

1 strategis seperti strategi pemasok, desain jaringan distribusi,



perencanaan kapasitas, dan prioritas investasi. Dasbor strategis memberikan tampilan tingkat eksekutif terhadap indikator kinerja utama serta memungkinkan analisis skenario untuk mengevaluasi berbagai alternatif strategi (Davenport & Harris, 2007).

B. Pengambilan Keputusan Operasional (*Operational Decision Making*)

BI mendukung keputusan operasional harian yang membutuhkan informasi *real-time* dan respon cepat. Aplikasi *BI* operasional mencakup manajemen inventori, perencanaan produksi, optimasi transportasi, dan pemenuhan permintaan. Dasbor operasional *real-time* memberikan visibilitas terhadap kondisi operasi saat ini dan memungkinkan pengambilan keputusan cepat dalam menghadapi isu atau memanfaatkan peluang yang muncul (Watson & Wixom, 2007).

C. Manajemen Kinerja (*Performance Management*)

BI memungkinkan pemantauan dan evaluasi menyeluruh terhadap kinerja rantai pasok di berbagai dimensi. Sistem *BI* dapat melacak *KPI* seperti biaya, kualitas, pengiriman, fleksibilitas, dan keberlanjutan secara *real-time*, serta memberikan peringatan ketika kinerja menyimpang dari target. Dasbor manajemen kinerja memungkinkan analisis mendalam untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan serta memantau inisiatif perbaikan (Eckerson, 2010).

D. Manajemen Risiko (*Risk Management*)

BI digunakan untuk mengidentifikasi, menilai, dan memantau risiko dalam rantai pasok. Sistem *BI* dapat menganalisis data internal yang dikombinasikan

umber data eksternal guna mengidentifikasi potensi risiko seperti masalah



keuangan pemasok, isu geopolitik, bencana alam, atau volatilitas pasar. Dasbor risiko menyediakan sistem peringatan dini dan mendukung strategi mitigasi risiko secara proaktif (Sheffi & Rice, 2005).

E. Analitik Pelanggan (*Customer Analytics*)

Melalui *BI*, organisasi dapat memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai perilaku, preferensi, dan kebutuhan pelanggan, yang kemudian dapat digunakan untuk mendukung keputusan rantai pasok. Analitik pelanggan memungkinkan identifikasi pelanggan bernilai tinggi, prediksi churn, analisis pola pembelian, serta segmentasi pelanggan berdasarkan berbagai kriteria. Hal ini mendukung strategi *supply chain* yang berorientasi pelanggan dan layanan yang dipersonalisasi (Kumar & Reinartz, 2012).

F. Manajemen Kinerja Pemasok (*Supplier Performance Management*)

BI digunakan untuk evaluasi dan pemantauan menyeluruh terhadap kinerja pemasok. Sistem *BI* dapat mengintegrasikan data dari berbagai sumber untuk membentuk *supplier scorecards*, memantau kinerja pengiriman, mengawasi metrik kualitas, serta mengevaluasi daya saing biaya. Analitik pemasok dapat mengidentifikasi pemasok dengan kinerja terbaik, menyoroti area yang perlu ditingkatkan, dan mendukung inisiatif pengembangan pemasok (Prahinski & Benton, 2004).

2.3.4 Big Data Analytics (BDA)

Big Data Analytics (BDA) merujuk pada proses analitis terhadap kumpulan data besar dan kompleks guna mengidentifikasi pola tersembunyi, korelasi yang diketahui, tren pasar, preferensi pelanggan, serta informasi bisnis lainnya yang



relevan untuk pengambilan keputusan strategis (Chen et al., 2012). Dalam konteks manajemen rantai pasok, *BDA* memainkan peran sentral dalam memungkinkan organisasi untuk menganalisis data dalam skala masif, baik terstruktur maupun tidak terstruktur, dari beragam sumber guna mengoptimalkan operasi serta menciptakan keunggulan kompetitif.

Secara tradisional, konsep *Big Data* dijelaskan melalui tiga karakteristik utama: *Volume*, *Velocity*, dan *Variety*, yang kemudian diperluas menjadi lima karakteristik utama atau *five Vs* guna memberikan deskripsi yang lebih menyeluruh. *Volume* merujuk pada besarnya data yang dihasilkan dari berbagai aktivitas dalam rantai pasok, termasuk data transaksional, data sensor, data media sosial, serta data eksternal pasar. Volume data dalam rantai pasok modern dapat mencapai skala *petabyte* hingga *exabyte*, sehingga membutuhkan teknologi penyimpanan dan pemrosesan yang khusus (Manyika et al., 2011).

Velocity mengacu pada kecepatan data dalam dihasilkan, diproses, dan dianalisis. Rantai pasok saat ini menuntut kemampuan pemrosesan secara *real-time* atau mendekati *real-time* untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan adaptif terhadap perubahan kondisi. Contoh data berkecepatan tinggi meliputi data sensor *IoT*, pelacakan *GPS*, umpan media sosial, dan transaksi digital *real-time* (Zikopoulos et al., 2011).

Variety menyangkut keberagaman bentuk dan format data yang perlu diintegrasikan dan dianalisis secara bersamaan. Data rantai pasok mencakup data terstruktur dari sistem *ERP*, data semi-terstruktur dari *XML* atau *API*, hingga data terstruktur seperti dokumen teks, gambar, video, dan postingan media sosial.



Pengelolaan variasi ini memerlukan arsitektur data yang fleksibel serta kemampuan analitik yang canggih (IBM, 2012).

Veracity mencerminkan kualitas dan keandalan data. Seringkali, data besar mengandung ketidakkonsistenan, ambiguitas, atau kesalahan yang dapat mempengaruhi akurasi hasil analisis. Oleh karena itu, diperlukan proses manajemen kualitas data yang menyeluruh seperti *data cleansing*, validasi, dan deteksi kesalahan guna menjaga integritas data (McAfee & Brynjolfsson, 2012).

Value atau nilai bisnis yang dapat dihasilkan dari *big data* melalui proses analitik. Nilai ini hanya dapat diwujudkan apabila terdapat kemampuan teknis untuk memproses serta menganalisis data, disertai dengan pemahaman bisnis yang memadai guna menginterpretasikan hasil analisis dan menerjemahkannya menjadi strategi yang aplikatif. Realisasi nilai dari *BDA* memerlukan keselarasan antara tujuan bisnis dan pemahaman yang tepat terhadap bagaimana hasil analisis dapat meningkatkan kinerja organisasi (Wamba et al., 2015).

Big Data Analytics telah membawa dampak transformatif dalam pengambilan keputusan rantai pasok dengan memungkinkan organisasi untuk beralih dari pengambilan keputusan berbasis intuisi atau data terbatas menuju pendekatan berbasis data menyeluruh (*data-driven decision making*). Waller & Fawcett (2013) menegaskan bahwa penerapan *BDA* memungkinkan manajer rantai pasok untuk memperoleh wawasan mendalam, meningkatkan akurasi peramalan, serta mengambil keputusan yang lebih terinformasi, yang pada akhirnya dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap performa organisasi secara



ian.

Real-time Decision Making dimungkinkan melalui *BDA* yang mampu memproses aliran data secara terus menerus dari berbagai sumber. Manajer rantai pasok dapat memantau indikator kinerja secara langsung, mendeteksi anomali saat terjadi, serta melakukan penyesuaian secara instan untuk mengoptimalkan operasi. Analitik *real-time* ini mendukung pengambilan keputusan dinamis, seperti optimalisasi rute pengiriman, penyeimbangan ulang inventori, dan alokasi kapasitas berdasarkan kondisi terkini, bukan sekadar berdasarkan asumsi historis (Fosso Wamba et al., 2015).

Predictive Analytics memanfaatkan *BDA* untuk meramalkan kejadian, tren, dan perilaku masa depan berdasarkan pola historis dan indikator saat ini. Model prediktif mampu mengantisipasi fluktuasi permintaan, mendeteksi potensi gangguan pasokan, memprediksi kerusakan peralatan, serta memperkirakan kinerja pemasok. Pendekatan ini memungkinkan pengambilan keputusan secara proaktif guna mencegah permasalahan sebelum terjadi atau memanfaatkan peluang yang muncul (Chae et al., 2014).

Prescriptive Analytics melampaui prediksi dengan memberikan rekomendasi spesifik mengenai tindakan yang sebaiknya diambil. *BDA* memungkinkan analisis terhadap berbagai skenario dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada, serta menghasilkan keputusan optimal untuk menyelesaikan permasalahan kompleks dalam rantai pasok. Contohnya, analitik preskriptif dapat merekomendasikan tingkat inventori yang optimal, pemasok terbaik untuk persyaratan tertentu, atau rute transportasi paling efisien dalam

kondisi (Lepeniotti et al., 2020).



Customer-Centric Decision Making didukung oleh *BDA* melalui pemahaman mendalam terhadap perilaku, preferensi, dan kebutuhan pelanggan. Analisis data pelanggan dari berbagai titik interaksi dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan terkait pengembangan produk, personalisasi layanan, perencanaan permintaan, serta strategi distribusi. Analitik pelanggan juga dapat mengidentifikasi segmen bernilai tinggi, memperkirakan *customer lifetime value*, dan mengoptimalkan pengalaman pelanggan di sepanjang rantai pasok (Kumar & Reinartz, 2016).

Risk-Informed Decision Making menggunakan *BDA* untuk melakukan penilaian risiko secara menyeluruh dan mendalam. Dengan menggabungkan data operasional internal dan sumber eksternal seperti indikator ekonomi, pola cuaca, perkembangan politik, hingga sentimen media sosial, analitik risiko memungkinkan identifikasi risiko potensial serta evaluasi probabilitas dan dampaknya. Strategi manajemen risiko yang proaktif serta perencanaan kontinjensi dapat difasilitasi oleh pendekatan ini (Sodhi & Tang, 2012).

Collaborative Decision Making juga difasilitasi oleh *BDA* melalui peningkatan koordinasi dan keselarasan di antara mitra dalam rantai pasok. Platform analitik bersama dapat memberikan visibilitas kinerja yang sama bagi semua pihak, mendukung perencanaan kolaboratif, serta memungkinkan pengambilan keputusan bersama. *BDA* juga dapat menganalisis pola kolaborasi, mengidentifikasi peluang peningkatan koordinasi, dan mengevaluasi efektivitas inisiatif kolaboratif (Ramanathan et al., 2014).



2.4 Hubungan *BDA* dengan *ML/NLP/BI*

Big Data Analytics (BDA) memiliki hubungan yang saling menguatkan dengan *Machine Learning (ML)*, *Natural Language Processing (NLP)*, dan *Business Intelligence (BI)*. Integrasi dari keempat teknologi ini menciptakan kemampuan analitik yang lebih komprehensif dan canggih dalam manajemen rantai pasok, memungkinkan organisasi untuk memanfaatkan potensi penuh dari aset data mereka guna meningkatkan kinerja operasional (Chen et al., 2012).

BDA sebagai Fondasi untuk *Machine Learning*. *BDA* menyediakan infrastruktur dan kapasitas pemrosesan yang dibutuhkan untuk mengumpulkan, menyimpan, serta mempersiapkan kumpulan data dalam skala besar yang diperlukan untuk melatih model pembelajaran mesin. Algoritma *ML* bergantung pada volume data yang besar untuk dapat mempelajari pola dan menghasilkan prediksi yang akurat. Sebaliknya, *ML* memperluas kapabilitas analitik *BDA* dengan mengekstraksi wawasan yang lebih mendalam dari data besar, melampaui pendekatan statistik tradisional (Gandomi & Haider, 2015).

Integrasi *BDA* dan *NLP* untuk Analisis Data Tak Terstruktur. Dalam konteks rantai pasok, sejumlah besar data berasal dari sumber teks yang tidak terstruktur, seperti ulasan pelanggan, komunikasi dengan pemasok, laporan pasar, hingga unggahan media sosial. Teknologi *NLP* memungkinkan ekstraksi informasi bermakna dari data teks tersebut, sementara *BDA* menyediakan infrastruktur skalabel untuk memproses volume besar data teks. Kolaborasi antara *BDA* dan *NLP* memungkinkan organisasi menganalisis dimensi baru dari data yang sebelumnya

diabaikan (Feldman & Sanger, 2007).



Peningkatan *Business Intelligence* melalui *BDA*. Teknologi *big data* memperluas cakupan sistem *business intelligence* tradisional yang sebelumnya terbatas pada data terstruktur dari sumber internal. Dengan adanya *BDA*, organisasi kini dapat mengintegrasikan berbagai jenis data dari beragam sumber termasuk data eksternal, serta melakukan analisis secara *real-time*. Platform *BI* modern semakin mengadopsi teknologi *big data* untuk memperluas kemampuan analitik dan meningkatkan ketepatan pengambilan keputusan (Watson, 2014).

Complementary Capabilities dalam konteks manajemen rantai pasok berbasis data, integrasi *Big Data Analytics (BDA)*, *Machine Learning (ML)*, *Natural Language Processing (NLP)*, dan *Business Intelligence (BI)* menciptakan ekosistem analitik yang menyeluruh. Masing-masing teknologi memainkan peran unik yang saling melengkapi untuk memenuhi seluruh spektrum kebutuhan analitik dalam supply chain (Provost & Fawcett, 2013).

Data Pipeline Integration, teknologi-teknologi ini diintegrasikan dalam sebuah *data pipeline* yang saling terhubung, memungkinkan pemrosesan data secara menyeluruh dan berkesinambungan. Data mentah pertama-tama diproses melalui infrastruktur *BDA*, kemudian diperkaya dengan *insight* hasil analisis *ML*, dilengkapi dengan informasi hasil ekstraksi *NLP* dari sumber teks, dan akhirnya disajikan secara visual dan interaktif melalui dashboard atau laporan *BI*. Integrasi semacam ini memastikan aliran data yang konsisten, mendorong efisiensi proses analitik ujung-ke-ujung, serta memaksimalkan nilai yang dapat diekstraksi dari kumpulan data yang tersedia (Dhar, 2013).



2.5 Integrasi Teknologi dalam Strategi *SCM*

2.5.1 Peran Integrasi Teknologi dalam Menciptakan Keunggulan Kompetitif

Integrasi teknologi dalam manajemen rantai pasok memainkan peran yang sangat penting dalam menciptakan keunggulan kompetitif yang berkelanjutan, melalui optimalisasi operasional, peningkatan nilai yang diberikan kepada pelanggan, serta pemungkinan terciptanya model bisnis yang inovatif. Menurut Wade dan Hulland (2004), integrasi teknologi yang dilakukan secara efektif dapat menciptakan keunggulan bersaing yang sulit ditiru oleh pesaing, karena kompleksitas dan saling keterkaitan yang melekat dalam sistem yang terintegrasi.

Keunggulan Operasional (*Operational Excellence*) dapat dicapai melalui integrasi teknologi yang memungkinkan organisasi untuk mencapai efisiensi, kualitas, dan kinerja biaya yang unggul. Sistem yang terintegrasi mampu mengotomatisasi proses rutin, menghilangkan redundansi, meminimalkan kesalahan, serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya di seluruh operasi rantai pasok. Teknologi canggih seperti *machine learning*, *Internet of Things* (IoT), dan otomasi dapat berfungsi secara sinergis untuk membentuk sistem operasi yang sangat efisien, sehingga mampu menghasilkan kualitas yang konsisten dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan para pesaing (Porter & Heppelmann, 2014).

Customer Value Creation juga diperkuat melalui platform teknologi yang terintegrasi, yang memungkinkan organisasi untuk menghadirkan pengalaman pelanggan yang unggul serta solusi yang disesuaikan dengan kebutuhan individu.

Integrasi antara data pelanggan, sistem peramalan permintaan, sistem produksi, dan distribusi dapat memungkinkan terwujudnya *mass customization*, waktu



pengiriman yang lebih cepat, serta layanan yang dipersonalisasi. Hal ini menciptakan diferensiasi yang kuat dalam pasar. Selain itu, integrasi teknologi juga membuka peluang untuk pengembangan penawaran layanan baru serta kapabilitas bernilai tambah yang melampaui sekadar pengiriman produk tradisional (Prahalad & Ramaswamy, 2004).

Innovation Enablement melalui integrasi teknologi menciptakan landasan bagi inovasi yang berkelanjutan dalam produk, layanan, dan model bisnis. Kapabilitas analitik data yang terintegrasi memungkinkan organisasi untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan yang sedang berkembang, peluang pasar baru, serta potensi peningkatan operasional yang dapat mendorong inisiatif inovatif. Selain itu, platform teknologi juga memfasilitasi kolaborasi dengan mitra, pemasok, dan pelanggan untuk secara bersama-sama menciptakan solusi inovatif (*co-creation*) (Chesbrough, 2003).

Agility dan Responsiveness yang ditingkatkan melalui teknologi yang terintegrasi memungkinkan organisasi untuk merespons secara cepat terhadap perubahan pasar, permintaan pelanggan, serta tekanan kompetitif. Visibilitas secara waktu nyata (*real-time visibility*), analitik prediktif, serta pengambilan keputusan otomatis memungkinkan penyesuaian cepat dalam strategi produksi, persediaan, distribusi, dan pengadaan. Rantai pasok yang tangkas (*agile supply chains*) memiliki kemampuan untuk memanfaatkan peluang dan mengurangi risiko secara lebih efektif dibandingkan sistem tradisional yang kaku (Christopher, 2000).

Network Effects dan Ecosystem Advantages yang tercipta melalui integrasi

dapat membentuk posisi kompetitif yang kuat dan berkelanjutan.



Organisasi yang berhasil mengintegrasikan teknologi di seluruh jaringan rantai pasoknya mampu membangun keunggulan ekosistem yang menguntungkan seluruh pihak yang terlibat serta menciptakan hambatan masuk (*entry barriers*) bagi pesaing. Efek jaringan juga memungkinkan diterapkannya model bisnis berbasis platform yang tidak hanya menciptakan aliran pendapatan tambahan, tetapi juga memperkuat posisi kompetitif organisasi dalam jangka panjang (Parker et al., 2016).

Dynamic Capabilities Development melalui integrasi teknologi memungkinkan organisasi untuk secara berkelanjutan beradaptasi dan mengembangkan kapabilitasnya dalam merespons dinamika lingkungan eksternal. Platform teknologi yang terintegrasi menjadi fondasi bagi proses *sensing* terhadap perubahan pasar, *seizing* peluang yang muncul, serta *reconfiguring* sumber daya untuk mempertahankan keunggulan kompetitif secara berkelanjutan. Kapabilitas dinamis ini menjadi kunci bagi daya saing jangka panjang di tengah lingkungan bisnis yang terus berubah (Teece, 2007).

2.5.2 Model Adopsi Teknologi Digital dalam SCM

Adopsi teknologi digital dalam manajemen rantai pasok mengikuti berbagai model yang menggambarkan bagaimana organisasi mendekati, mengimplementasikan, dan meningkatkan skala teknologi digital di seluruh operasionalnya. Pemahaman terhadap model-model adopsi ini sangat penting untuk keberhasilan transformasi digital dan pencapaian hasil bisnis yang diharapkan.

Technology Acceptance Model (TAM) yang dikembangkan oleh Davis menjelaskan adopsi teknologi pada tingkat individu berdasarkan persepsi



terhadap kegunaan (*perceived usefulness*) dan kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*). Dalam konteks manajemen rantai pasok, *TAM* dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa beberapa teknologi lebih mudah diadopsi dibandingkan yang lain, serta bagaimana meningkatkan tingkat adopsi. Organisasi perlu memastikan bahwa teknologi digital yang digunakan memiliki proposisi nilai yang jelas serta antarmuka yang mudah digunakan guna memfasilitasi adopsi oleh para profesional rantai pasok.

Diffusion of Innovation Theory yang dikemukakan oleh Rogers (2003) menjelaskan bagaimana inovasi menyebar dalam organisasi dan pasar dari waktu ke waktu. Teori ini mengklasifikasikan pengguna menjadi lima kategori: *innovators*, *early adopters*, *early majority*, *late majority*, dan *laggards*. Pemahaman terhadap pola difusi ini membantu organisasi dalam merancang strategi yang tepat untuk setiap tahap adopsi teknologi serta mengelola perubahan secara efektif di berbagai kelompok pengguna.

Resource-Based View (RBV) memandang adopsi teknologi sebagai proses strategis yang bergantung pada bagaimana organisasi mengembangkan dan memanfaatkan sumber daya serta kapabilitas unik untuk memperoleh keunggulan kompetitif. Menurut Barney (1991), adopsi teknologi yang sukses tidak hanya melibatkan akuisisi teknologi, tetapi juga pengembangan kapabilitas organisasi yang bersifat komplementer, termasuk proses dan sumber daya yang mampu menciptakan nilai dari investasi teknologi tersebut.

Dynamic Capabilities Framework dalam konteks adopsi teknologi kan pentingnya kapabilitas organisasi untuk mengenali peluang (*sensing*),



merespons peluang melalui investasi teknologi (*seizing*), dan mengkonfigurasi ulang sumber daya (*reconfiguring*) untuk menangkap nilai dari teknologi tersebut. Kerangka ini, sebagaimana dijelaskan oleh Teece (2007), menyoroti perlunya pengembangan kemampuan organisasi dalam mengidentifikasi teknologi yang relevan, mengimplementasikannya secara efektif, dan mengintegrasikannya dengan operasi yang telah ada.

Stage-Gate Model menawarkan pendekatan yang terstruktur untuk pengelolaan proyek implementasi teknologi. Model ini terdiri atas beberapa tahap, mulai dari penilaian awal, implementasi percontohan (*pilot*), hingga penerapan skala penuh, dengan adanya *gate* atau titik keputusan untuk mengevaluasi kemajuan dan menentukan kelanjutan proyek. Pendekatan *stage-gate* membantu organisasi dalam mengelola risiko dan memastikan proses adopsi teknologi dilakukan secara sistematis (Cooper, 2008).

Agile Adoption Model menekankan pendekatan yang iteratif dan fleksibel dalam implementasi teknologi, yang memungkinkan terjadinya pembelajaran dan adaptasi secara berkelanjutan. Pendekatan ini memungkinkan organisasi untuk memulai dari skala kecil, belajar dari pengalaman, dan secara bertahap memperluas implementasi yang terbukti berhasil. Model adopsi *agile* sangat relevan untuk teknologi digital yang berkembang pesat dan menuntut kemampuan adaptasi yang terus-menerus (Beck et al., 2001).

2.5.3 Tantangan dan Hambatan Integrasi

Integrasi teknologi dalam manajemen rantai pasok menghadapi berbagai tantangan dan hambatan yang dapat menghalangi keberhasilan implementasi serta



pencapaian nilai bisnis yang optimal. Pemahaman dan penanganan terhadap tantangan-tantangan ini sangat krusial bagi keberhasilan inisiatif transformasi digital.

Technical Challenges meliputi resistensi terhadap perubahan, kurangnya keterampilan digital, dan proses manajemen perubahan yang tidak memadai. Karyawan dapat menolak teknologi baru karena ketakutan terhadap kehilangan pekerjaan, peningkatan kompleksitas, atau ketidakterbiasaan dengan alat digital. Budaya organisasi yang cenderung menghindari risiko atau enggan berubah juga dapat menghambat adopsi dan integrasi teknologi (Orlikowski & Hofman, 1997).

Organizational Challenges merupakan hambatan utama dalam integrasi teknologi, terutama bagi organisasi kecil dengan sumber daya yang terbatas. Biaya awal yang tinggi untuk akuisisi teknologi, implementasi, dan pelatihan dapat menghalangi organisasi untuk menjalankan inisiatif integrasi. Ketidakpastian terhadap pengembalian investasi serta periode balik modal yang panjang juga dapat menyulitkan pembenaran terhadap investasi teknologi (Irani, 2002).

Financial Constraints merupakan hambatan utama dalam integrasi teknologi, terutama bagi organisasi kecil dengan sumber daya yang terbatas. Biaya awal yang tinggi untuk akuisisi teknologi, implementasi, dan pelatihan dapat menghalangi organisasi untuk menjalankan inisiatif integrasi. Ketidakpastian terhadap pengembalian investasi serta periode balik modal yang panjang juga dapat menyulitkan pembenaran terhadap investasi teknologi (Irani, 2002).

Security dan Privacy Concerns menjadi semakin kompleks seiring

nya konektivitas, pertukaran data, dan ketergantungan sistem dalam



integrasi teknologi. Risiko keamanan siber meningkat seiring dengan sistem yang semakin terhubung secara eksternal. Regulasi perlindungan data seperti GDPR menciptakan persyaratan kepatuhan tambahan yang harus dipenuhi dalam proyek integrasi (Bulgurcu et al., 2010).

Partner Coordination Challenges muncul ketika integrasi teknologi melibatkan banyak organisasi dalam jaringan rantai pasok. Setiap mitra dapat memiliki kemampuan teknologi, standar, atau prioritas yang berbeda, yang menyulitkan upaya integrasi. Kurangnya kepercayaan, perbedaan kepentingan, atau ketimpangan kekuasaan juga dapat menjadi penghalang terhadap inisiatif kolaboratif dalam teknologi (Kumar & van Dissel, 1996).

Scalability Concerns muncul saat organisasi berusaha memperluas implementasi teknologi yang berhasil pada skala kecil ke dalam operasi yang lebih besar atau ke beberapa lokasi. Solusi yang berhasil pada skala kecil mungkin menghadapi tantangan baru ketika diperluas karena meningkatnya kompleksitas, kebutuhan sumber daya, atau perbedaan organisasi antar lokasi (Davenport, 1998).

Governance dan Standards Issues menjadi penting seiring organisasi mengintegrasikan berbagai teknologi dari vendor yang berbeda. Ketiadaan standar umum, kerangka tata kelola yang lemah, atau ketidakjelasan peran dan tanggung jawab dapat menciptakan masalah koordinasi dan menghambat keberhasilan integrasi. Organisasi perlu membangun struktur tata kelola yang kuat untuk mengelola portofolio teknologi yang kompleks dan memastikan keselarasan dengan tujuan bisnis (Weill & Ross, 2004).



Skills dan Capability Gaps merupakan tantangan berkelanjutan karena organisasi perlu mengembangkan kompetensi baru untuk dapat memanfaatkan teknologi terintegrasi secara efektif. Kekurangan tenaga kerja dengan keterampilan digital di pasar dapat menyulitkan proses perekrutan talenta yang dibutuhkan. Kebutuhan akan pembelajaran berkelanjutan dan pengembangan keterampilan juga dapat membebani sumber daya dan kapabilitas organisasi (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai digitalisasi bisnis dalam pengelolaan rantai pasok dengan menggunakan teknologi *Machine Learning*, *Natural Language Processing*, *Business Intelligence*, dan *Big Data Analytics* telah berkembang pesat dalam dekade terakhir. Berikut adalah rangkuman penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ini:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti/ Tahun	Judul Penelitian	Teknologi yang Digunakan	Metode Penelitian	Temuan Utama	Gap/Keterbatasan
1	Wamba et al. (2020)	"Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities"	Big Data Analytics, Machine Learning	Survei terhadap 297 perusahaan	BDA meningkatkan kinerja perusahaan melalui dynamic capabilities sebesar 23%	Fokus hanya pada perusahaan besar tidak mengintegrasikan NLP
2	Dubey et al. (2019)	"Big data analytics capability in supply chain agility: The moderating effect of organizational flexibility"	Big Data Analytics, Business Intelligence	Mixed-method (survei + case study)	BDA capability meningkatkan supply chain agility dengan moderasi	Tidak mempertimbangkan integrasi ML dan NLP



					organizational flexibility	
3	Gunasekaran et al. (2017)	"Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance"	Big Data Analytics, Predictive Analytics	Systematic literature review	Identifikasi 5 dimensi utama BDA dalam SCM: volume, velocity, variety, veracity, value	Kurangnya framework implementasi praktis
4	Fosso Wamba et al. (2018)	"Big data analytics-enabled sensing capability and organizational outcomes"	Big Data Analytics, IoT	Survei cross-sectional	Sensing capability memediasi hubungan BDA dan organizational performance	Tidak mengeksplorasi peran NLP dalam text analytics
5	Chae et al. (2014)	"The impact of advanced analytics and data accuracy on operational performance"	Advanced Analytics, BI	Survei terhadap 201 perusahaan manufaktur	Data accuracy dan advanced analytics meningkatkan operational performance sebesar 15-20%	Fokus terbatas pada manufaktur
6	Chen et al. (2015)	"Supply chain analytics for risk management"	Machine Learning, Business Intelligence	Case study multiple perusahaan	ML algorithms dapat memprediksi supply chain risks dengan akurasi 85%	Tidak mengintegrasikan NLP untuk risk detection
7	Wang et al. (2021)	"Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review"	AI, Machine Learning, NLP	Systematic literature review (150 artikel)	Identifikasi 12 area aplikasi AI dalam SCM, dengan ML sebagai yang paling mature	Gap dalam implementasi terintegrasi AI technologies
	Padonjulos et al. (2017)	"The use of digital technologies by small and medium enterprises during"	Digital Technologies, BI	Mixed-method research	Digital technologies meningkatkan	Fokus pada SMEs kurang generalis untuk large enterprises



		COVID-19: Implications for theory and practice"			resilience SMEs sebesar 30% selama pandemi	
9	Kuo & Kusiak (2019)	"From data to big data in production research: the past and future trends"	Big Data Analytics, ML	Bibliometric analysis	Tren penelitian menuju integration of BDA dan ML dalam production systems	Kurangnya focus pada supply chain integration
10	Bag et al. (2020)	"An integrated artificial intelligence framework for knowledge creation and B2B marketing rational decision making for improving firm performance"	AI, ML BI, NLP	Structural equation modeling	Integrated AI framework meningkatkan firm performance melalui knowledge creation	Fokus pada B2B marketing, aplikasi SCM terbatas
11	Singh & El-Kassar (2019)	"Role of big data analytics in developing sustainable capabilities"	Big Data Analytics	Survey cross-sectional	BDA capabilities berkontribusi terhadap sustainable performance melalui operational efficiency	Tidak mengeksplorasi integrasi dengan teknologi lain
12	Lai et al. (2018)	"Next-generation digital platforms and supply chain management"	Digital Platforms, IoT, BI	Conceptual framework development	Digital platforms memfasilitasi integration dan collaboration dalam supply networks	Kurangnya empirical validation
13	Nguyen et al. (2018)	"Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review"	Big Data Analytics	Systematic literature review	Identifikasi 8 research themes dalam BDA for SCM	Gap dalam practical implementation guidelines
	Chen et al. (2016)	"The role of big data analytics in supply chain"	Big Data Analytics, Predictive Analytics	Conceptual paper	Framework untuk BDA implementation	Kurangnya empirical testing



		management"			dalam SCM dengan 4 stages	
15	Hazen et al. (2014)	"Data quality for data science, predictive analytics, and big data in supply chain management"	Big Data Analytics, Predictive Analytics	Conceptual framework	Data quality sebagai antecedent critical untuk successful BDA implementation	Fokus hanya pada data quality issues
16	Tiwari et al. (2018)	"Big data analytics in supply chain management between 2010 and 2016: Insights to industries"	Big Data Analytics	Systematic literature review	Industry-specific insights: automotive dan retail leading dalam BDA adoption	Tidak mengcover teknologi emergin seperti NLP
17	Sanders (2016)	"How to use big data to drive your supply chain"	Big Data Analytics, Machine Learning	Practical framework	5-step framework untuk BDA implementation dalam supply chain	Kurangnya integration dengan other technologie
18	Zhong et al. (2016)	"Intelligent manu facturing in the context of industry 4.0: A review"	AI, IoT, Big Data	Literature review	Integration of intelligent technologies dalam manu facturing systems	Focus pada manu facturing, kurang supply cha perspective
19	Hopkins & Hawking (2018)	"Big data analytics and IoT in logistics: A case study"	Big Data Analytics, IoT	Single case study	IoT-enabled BDA meningkatkan logistics efficiency sebesar 25%	Single case limitation, kurang generalisasi
20	Addo-Tenkora ng & Helo (2016)	"Big data applications in operations/supply-chain management: A literature review"	Big Data Analytics	Literature review	Identifikasi applications areas dan challenges dalam BDA untuk operations/S CM	Tidak mengeksplorasi integration aspect



Analisis Gap Penelitian:

Berdasarkan review penelitian terdahulu, teridentifikasi gap penelitian yang signifikan:

1. **Kurangnya Integrasi Holistik:** Sebagian besar penelitian yang ada cenderung berfokus pada satu atau dua teknologi secara terpisah, seperti *machine learning* (ML) atau *business intelligence* (BI), tanpa mengkaji secara menyeluruh integrasi komprehensif antara ML, *natural language processing* (NLP), BI, dan *big data analytics* (BDA) dalam satu kerangka kerja yang terpadu.
2. **Keterbatasan Bukti Empris:** Banyak studi yang bersifat konseptual atau berupa *literature review*, tanpa disertai validasi empiris terhadap efektivitas kerangka integrasi teknologi digital yang diusulkan dalam konteks manajemen rantai pasok.
3. **Kekosongan dalam Panduan Impelemntasi:** Penelitian terdahulu belum memberikan panduan praktis yang dapat diterapkan oleh organisasi dalam mengimplementasikan teknologi digital terintegrasi secara efektif dalam operasional rantai pasok.
4. **Terbatasnya Analisis Lintas Industri:** Sebagian besar studi berfokus pada sektor industri tertentu, sehingga kurang memberikan wawasan komparatif lintas industri mengenai penerapan dan dampak integrasi teknologi digital.
5. **Minimnya Perhatian Faktor Organisasi:** Faktor-faktor organisasi seperti kapabilitas internal, budaya organisasi, dan manajemen perubahan belum



mendapatkan perhatian yang memadai dalam kajian adopsi dan integrasi teknologi digital.

6. **Perspektif Keberlanjutan yang Terbatas:** Hanya sedikit penelitian yang secara eksplisit mengeksplorasi peran dan kontribusi integrasi teknologi digital terhadap pembangunan rantai pasok yang berkelanjutan (*sustainable supply chain management*).
7. **Kurangnya Studi Integrasi *Real-Time*:** Masih terdapat kekosongan dalam kajian mengenai integrasi teknologi secara real-time untuk mendukung optimalisasi dinamis dalam manajemen rantai pasok yang responsif dan adaptif terhadap perubahan kondisi.

Penelitian ini berkontribusi untuk mengisi gap yang teridentifikasi dengan: Mengembangkan framework terintegrasi untuk *ML*, *NLP*, *BI*, dan *BDA* dalam *SCM*, menyediakan systematic literature review yang komprehensif tentang technology integration, mengidentifikasi best practices dan implementation strategies, memberikan insights untuk both large enterprises dan SME, mengeksplorasi *sustainability implications* dari *integrated digital technologies*

