



Agus Byna, S.Kom, M.Kom., Ph.D.
Bayu Nugraha, S.Kom., M.M.S.I.
Nor Anisa, S.Kom., M.Kom.

ENTERPRISE INTELLIGENCE

**Dari Proses Bisnis hingga
Algoritma Prediktif**



ENTERPRISE INTELLIGENCE **DARI PROSES BISNIS HINGGA** **ALGORITMA PREDIKTIF**

Agus Byna S.Kom., M.Kom., Ph.D.

Bayu Nugraha, S.Kom., M.M.S.I.

Nor Anisa, S.Kom., M.Kom.



PENERBIT KBM INDONESIA

adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku-buku penulis di tanah air Indonesia, serta menjadi media sharing proses penerbitan buku.

ENTERPRISE INTELLIGENCE

Dari Proses Bisnis Hingga Algoritma Prediktif

Copyright @ 2026 Agus Byna S.Kom., M.Kom., Ph.D., dkk.

All right reserved

Penulis

Agus Byna S.Kom., M.Kom., Ph.D.

Bayu Nugraha, S.Kom., M.M.S.I.

Nor Anisa, S.Kom., M.Kom.

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Ika Puji A.

Editor

Dr. Muhamad Husein Maruapecy, Drs., M.Sc.

Background isi buku di ambil dari <https://www.freepik.com/>

Official

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor)

Penerbit Karya Bakti Makmur (KBM) Indonesia

Anggota IKAPI/No. IKAPI 279/JTI/2021

081357517526 (Tlpn/WA)

Website

<https://penerbitkbm.com>

www.penerbitbukumurah.com

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Instagram

@penerbit.kbmindonesia

@penerbitbukujogja

ISBN: 978-634-278-224-8

Cetakan ke-1, Maret 2026

15,5 x 23 cm, viii+123 halaman

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit
Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di DJKI-
Kemenkumham dan isi buku dilindungi undang-undang.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

- i. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100. 000. 000 (seratus juta rupiah).
- ii. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500. 000. 000,00 (lima ratus juta rupiah).
- iii. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1. 000. 000. 000,00 (satu miliar rupiah).
- iv. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4. 000. 000. 000,00 (empat miliar rupiah)



KATA PENGANTAR

Sejarah teknologi seringkali melahirkan bias "kebutaan masa kini" (*presentism*). Kita cenderung terbuai oleh terobosan AI hari ini dan melupakan arsitektur masa lalu yang memungkinkan terobosan tersebut terjadi. Kami menyusun buku ini sebagai bentuk perlawanan terhadap sudut pandang tersebut. Kami menolak narasi bahwa "Kecerdasan Buatan" adalah fenomena eksklusif abad ke-21 yang muncul tiba-tiba dari ruang hampa. Sebaliknya, buku ini menegaskan satu kebenaran fundamental: abad ke-20 adalah laboratorium raksasa. Tanpa fondasi dari periode itu, algoritma *machine learning* modern tidak akan memiliki data untuk dipelajari, dan sistem perusahaan tidak akan memiliki infrastruktur untuk beroperasi.

Sebagai akademisi dan praktisi di persimpangan Teknik Informatika dan Kecerdasan Buatan, kami melihat adanya benang merah evolusi yang sering terabaikan. Melalui 14 bab yang disusun secara kronologis dan tematik, buku ini tidak hanya membahas perpindahan teknis dari *Mainframe* ke *Client-Server*, tetapi juga membedah transformasi filosofis dalam cara organisasi beroperasi, yang mencakup:

- Dari Ketidaktahuan Menuju Visibilitas: Bagaimana manajemen inventaris yang beroperasi sebagai "kotak hitam" berevolusi menjadi transparansi Enterprise Resource Planning (ERP) dan SCM yang terintegrasi.

- Dari Intuisi Menuju Data: Bagaimana pengambilan keputusan bergeser dari "firasat eksekutif" yang sarat bias menuju ketepatan analitis melalui Business Intelligence dan Big Data awal.
- Dari Kaku Menuju Adaptif: Bagaimana AI berevolusi dari model matematika statis (Riset Operasi) dan aturan kaku (Sistem Pakar) menjadi pengenalan pola yang dinamis (Artificial Neural Networks).

Buku ini dirancang dengan struktur analitis ganda. Di setiap bab, kami membedah Dinamika Major (pergeseran paradigma manajerial) yang berjalan beriringan dengan Dinamika Minor (detail teknis dan algoritma pendukung). Tujuannya adalah untuk membuktikan bahwa teknologi adalah respons terhadap masalah bisnis yang mendesak, seperti inefisiensi rantai pasok (*Bullwhip Effect*) atau kebutuhan membaca perilaku pelanggan (CRM & Loyalty).

Kami tidak menulis buku ini untuk memanjakan pembaca dengan jargon futuristik yang kosong. Buku ini ditujukan bagi mahasiswa yang membutuhkan ketajaman teoretis, serta praktisi industri yang membutuhkan konteks historis untuk menghindari pengulangan kesalahan masa lalu. Kami mengupas tuntas bagaimana teknologi sistem informasi dan AI di abad ke-20 berjuang keras untuk menjinakkan kekacauan data.

Harapan kami, pembaca tidak melihat sejarah ini sebagai catatan usang, melainkan sebagai peta jalan strategis. Memahami bagaimana kita beralih dari *Small Data* ke *Big Data*, dan dari Logika Simbolik ke Jaringan Saraf, adalah prasyarat mutlak untuk menavigasi dan memimpin di era AI otonom yang sedang kita masuki saat ini.

Selamat menyelami arsitektur masa lalu yang membentuk masa depan.

[TIM]

Akademisi, Peneliti AI, & Praktisi sistem Informasi



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
ENTERPRISE RESOURCE PLANNING	1
1.1 Fondasi Komputasi dan Kontrol Inventaris	2
1.2 MRP dan MRP II dengan Dukungan Keputusan	4
1.3 Tahap Puncak (Abad ke-20): Konsolidasi ERP dan Benih AI Cerdas (1990-an)	6
1.4 Kesimpulan Bab	8
TOTAL COST OF OWNERSHIP	11
2.1 Biaya Modal sebagai Fokus Utama	12
2.2 Tahap Menengah (Revolusi PC): Lahirnya TCO Formal dan AI Pendukung (1980-an)	13
2.3 Tahap Puncak (Era Perusahaan): TCO sebagai Metrik Strategis dan AI Analitik (1990-an)	15
2.4 Kesimpulan Bab	16

	PERSYARATAN LOKALISASI UNTUK TEMPLAT	19
03.	3.1 Hegemoni Monolitik dan Jebakan “Forking” (1950-an – 1970-an)	20
	3.2 Tahap Menengah: Revolusi Internationalization (118n) dan Validasi Otomatis (1980-an).....	22
	3.3 Tahap Puncak: Skala Global dan Kecerdasan Memori (1990-an)	23
	3.4 Kesimpulan Bab	25
	CMMI (CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION).....	27
04.	4.1 Tahap Awal: "Krisis Perangkat Lunak" dan Manajemen Dasar (1960-an – 1970-an)	28
	4.2 Tahap Menengah: Standardisasi dan Institusionalisasi Proses (1980-an)	30
	4.3 Tahap Puncak: Manajemen Kuantitatif dan Optimasi (1990-an)	31
	4.4 Tahap Transformasi Berkelanjutan: Inovasi dan Adaptasi Diri (2000-an – Sekarang)	32
	4.5 Kesimpulan Bab	33
	SIX SIGMA	37
05.	5.1 Tahap Awal: Prekursor (SPC/TQM) dan Analisis Batch (1950-an – Awal 1980-an)	38
	5.2 Tahap Menengah: Formalisasi Six Sigma dan Demokratisasi Statistik (Pertengahan 1980-an – Awal 1990-an)	40
	5.3 Tahap Puncak: Integrasi ERP dan Analisis Prediktif (Pertengahan 1990-an – Akhir 1990-an).....	43
	5.4 Kesimpulan Bab	45

	SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	47
	6.1 Tahap Awal: Silo Fungsional dan Fokus Logistik (1950-an – 1970-an)	48
06.	6.2 Tahap Menengah: Kelahiran Integrasi Internal (MRP/MRP II) (1980-an)	50
	6.3 Tahap Puncak (Abad ke-20): Integrasi Eksternal dan Globalisasi (1990-an).....	53
	6.4 Kesimpulan Bab	55
	THE BULLWHIP EFFECT	59
	7.1 Tahap Awal: Mengalami Efek (Era Pra-Visibilitas) (1950-an – 1970-an)	60
07.	7.3 Dinamika Major: Teka-Teki P&G dan Kelahiran Istilah Bullwhip	64
	7.4 Kesimpulan Bab.....	66
	KOMPONEN PERAMALAN DERET WAKTU	69
	8.1 Tahap Awal: Dekomposisi Klasik dan Statistik Kaku (1950-an – 1970-an)	70
08.	8.2 Tahap Menengah: Heuristik dan Sistem Pakar Berbasis Aturan (1980-an)	72
	8.3 Tahap Puncak: Jaringan Saraf Tiruan dan Pola Non-Linear (1990-an).....	74
	8.4 Kesimpulan Bab	75
	SMART CONTRACTS DAN DUE DILIGENCE	77
	9.1 Tahap Awal: Kontrak Kertas dan "Due Diligence" Manual (1950-an – 1970-an)	78
09.	9.2 Tahap Menengah: Protokol Edi dan Otomatisasi Berbasis Aturan (1980-an)	79
	9.3 Tahap Puncak: Konseptualisasi Szabo dan Kriptografi (1990-an).....	80
	9.4 Kesimpulan Bab	81

	CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT	83
	10.1 Tahap Awal: Era Transaksional dan "Rolodex" (1950-an – 1970-an)	84
10.	10.2 Tahap Menengah: Pemasaran Database dan Analisis Rfm (1980-an)	85
	10.3 Tahap Puncak: Lahirnya CRM Enterprise dan Data Mining (1990-an)	87
	10.4 Kesimpulan Bab.....	88
	LOYALTY MANAGEMENT DAN SHARE OF WALLET.....	91
	11.1 Tahap Awal: Token Fisik dan Loyalitas Anonim (1900-an – 1970-an).....	91
11.	11.2 Tahap Menengah: Revolusi Frequent Flyer dan Basis Data Loyalitas (1980-an).....	93
	11.3 Tahap Puncak: Kartu Klub Ritel dan Analisis "Share Of Wallet" (1990-an).....	94
	11.4 Kesimpulan Bab.....	95
	BUSINESS INTELLIGENCE	97
	12.1 Tahap Awal: Laporan Kertas dan Era MIS (1960-an – 1970-an)	98
12.	12.2 Tahap Menengah: "Spreadmarts" dan Executive Information Systems (1980-an)	99
	12.3 Tahap Puncak: Data Warehousing dan Olap (1990- an)	100
	BIG DATA ANTARA DATA DAN INTUISI	103
	13.1 Tahap Awal: "Small Data" dan Dominasi Intuisi (1950-an – 1970-an)	104
13.	13.2 Tahap Menengah: Ledakan Volume dan "Information Overload" (1980-an)	105
	13.3 Tahap Puncak: Vldb dan Fajar "Knowledge Discovery" (1990-an).....	106
	13.4 Kesimpulan Bab.....	107

MASALAH DATA TIDAK TERSTRUKTUR	109
14.1 Tahap Awal: Arsip Fisik dan Kebutaan Komputer (1950-an – 1970-an)	110
14.2 Tahap Menengah: Digitalisasi dan Lahirnya "Blob" (1980-an).....	111
14.3 Tahap Puncak: World Wide Web dan Mesin Pencari (1990-an).....	112
14.4 Kesimpulan Bab	113
DAFTAR PUSTAKA.....	115
PROFIL PENULIS.....	123

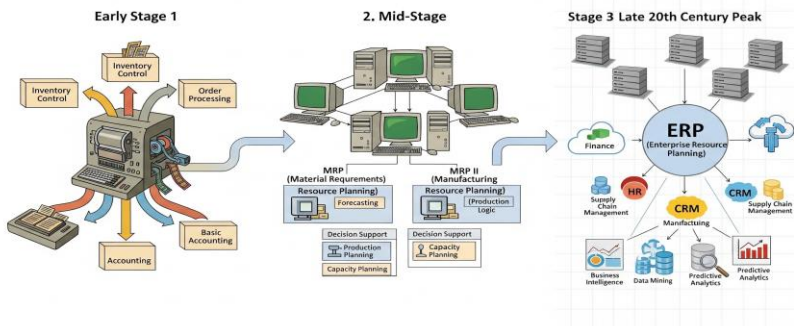
01. _____

ENTERPRISE RESOURCE PLANNING



Bab ini menganalisis evolusi sistem Enterprise Resource Planning (ERP) sepanjang abad ke-20. Periode ini mengalami transformasi dalam komputasi dan manajemen organisasi. Kami menelusuri hubungan antara kebutuhan bisnis dan teknologi sistem informasi. Kebutuhan bisnis berkembang dari manajemen inventaris dasar menjadi perencanaan sumber daya korporat.

Bab ini menjelaskan perkembangan konsep Kecerdasan Buatan (AI) dalam sistem bisnis. Konsep AI berubah dari model optimasi teoretis menjadi logika terintegrasi dalam sistem bisnis. Di Bab ini terbagi menjadi evolusi ini menjadi tiga tahap: (1) Tahap Awal, dengan komputasi terpusat untuk kontrol inventaris; (2) Tahap Menengah, ditandai dengan munculnya MRP dan MRP II yang mengintegrasikan logika pendukung keputusan; dan (3) Tahap Puncak Abad ke-20, dengan konsolidasi fungsional dalam ERP dan munculnya analitik data.



Gambar Evolusi ERP

1.1 Fondasi Komputasi dan Kontrol Inventaris

Fondasi komputasi dan kontrol inventaris dimulai pada tahap awal, yaitu periode pasca-Perang Dunia ke II. Saat itu, banyak perusahaan manufaktur berskala besar di Eropa memiliki masalah dalam hal pengendalian aset fisik. Masalah ini terjadi karena mereka belum memiliki prioritas yang jelas, khususnya dalam upaya mencapai efisiensi rantai pasok yang terintegrasi. Hal inilah yang menjadi tantangan utama (major) dalam membangun fondasi komputasi untuk menangani permasalahan mendesak seperti kontrol inventaris (Inventory Control - IC).

Menurut pandangan praktisi pada masa itu, masalah yang dihadapi perusahaan dapat dilihat dari usaha menghindari kehabisan stok (stockouts) dalam skala produksi. Kekurangan stok ini menyebabkan penghentian lini produksi. Akibatnya, terjadilah kelebihan stok (overstocking) yang mengikat modal kerja secara tidak produktif.

Berdasarkan masalah tersebut, para praktisi menerapkan solusi secara teoritis. Salah satunya adalah dengan menerapkan model Economic Order Quantity (EOQ). Model EOQ merupakan metode manajemen persediaan untuk menentukan jumlah optimal barang yang harus dipesan pada satu waktu agar biaya pemesanan dan biaya penyimpanan menjadi minimum. Model ini membantu

menstabilkan stok dan menghemat biaya dalam operasi logistik dan rantai pasokan.

Namun, penerapan manual memiliki keterbatasan. Keterbatasan ini membuat teknologi sistem informasi untuk pertama kalinya muncul sebagai solusi utama (major contribution). Kontribusi ini berupa penerapan arsitektur teknologi yang didominasi perangkat keras (hardware) berupa komputer mainframe. Komputer mainframe merupakan solusi atas keterbatasan kalkulasi manual yang beroperasi dengan pemrosesan sekelompok data (batch processing).

Batch processing adalah metode di mana data tidak diproses secara langsung (real-time), melainkan dikumpulkan terlebih dahulu. Data inventaris (misalnya transaksi harian) dicatat dalam punch cards (media penyimpanan berupa lembaran karton kaku dengan lubang-lubang untuk merepresentasikan data). Setelah terkumpul, data dimasukkan (input) ke komputer mainframe pada malam hari. Hasil proses ini kemudian menjadi laporan yang bisa dicetak dan dilihat manajer keesokan paginya. Alur kerja inilah yang kemudian membentuk sistem informasi.

Dalam pembuatan sistem informasi ini, para praktisi menggunakan bahasa pemrograman COBOL (Common Business-Oriented Language). Sistem ini berjalan pada basis data hierarkis (seperti IBM IMS) atau flat-files, yang pada dasarnya adalah sistem pencatatan dan kalkulasi berkecepatan tinggi. Bahasa pemrograman COBOL diciptakan pada tahun 1959 oleh komite CODASYL (Conference on Data Systems Languages) untuk memenuhi kebutuhan otomatisasi pemrosesan data bisnis pada era itu. Bahasanya dirancang menyerupai bahasa Inggris agar mudah dipahami.

Sistem informasi ini merupakan penerapan minor yang menjadi fondasi perkembangan Kecerdasan Buatan (AI). AI pada masa ini diwakili oleh bidang Riset Operasi (Operations Research - OR), yaitu disiplin ilmu yang memanfaatkan data dan informasi yang telah dikumpulkan melalui sistem informasi. Di dalam sistem informasi tersebut terdapat proses algoritma sederhana serta model

matematis stokastik dan deterministik (metode peramalan statistik sederhana) yang berfungsi sebagai logika di balik keputusan inventaris.

Namun, AI di era ini berbeda dengan AI modern. Kendali tetap berada di tangan pengguna komputer mainframe. Oleh karena itu, kontribusi teknologi pada era ini adalah otomatisasi klerikal (tata usaha) dan kalkulasi—bukan otomatisasi keputusan. Hasilnya, sistem menjadi kaku, tersilo, dan tidak mampu menjawab pertanyaan ad-hoc, namun mereka meletakkan fondasi absolut pertama bagi manajemen sumber daya berbasis data.

1.2 MRP dan MRP II dengan Dukungan Keputusan

MRP dan MRP II memiliki dukungan keputusan yang berada di tahap menengah. Transisi dari tahapan awal hingga menengah merupakan salah satu lompatan konseptual utama (major). Lompatan ini membuat para praktisi menyadari bahwa mengelola inventaris secara independen tidak lagi cukup. Hal ini terjadi karena dalam lingkungan manufaktur yang kompleks (misalnya perakitan mobil atau elektronik), permintaan untuk satu komponen (misalnya ban) tidak bersifat independen, melainkan sepenuhnya bergantung pada jadwal produksi untuk produk jadi (seperti mobil dan sepeda motor). Lompatan ini melahirkan sistem manajemen di dunia manufaktur yang disebut Material Requirements Planning (MRP). MRP dipelopori oleh Joseph Orlicky pada tahun 1975, seorang ilmuwan dari IBM (International Business Machines). Sistem ini diciptakan untuk menganalisis persyaratan material yang kompleks dan pembaruan yang cepat, yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan tanpa komputer.

Selain itu, MRP merupakan sistem manajemen fundamental yang mengubah kerangka berpikir dari pertanyaan "kapan harus memesan ulang?" menjadi "apa yang dibutuhkan, berapa banyak, dan kapan tepatnya?". Berdasarkan kerangka berpikir inilah MRP menjadi inovasi Major dengan tiga komponen input utama dalam penerapannya, yaitu: Master Production Schedule (MPS), Bill of

Materials (BOM), dan Inventory Records File (IRF). Sistem MRP dapat "merinci" (men-explode) BOM berdasarkan MPS untuk menghasilkan rencana pembelian dan produksi yang terperinci dan sinkron. Hal ini menjadi langkah pertama menuju perencanaan yang benar-benar terintegrasi.

Namun, MRP generasi pertama memiliki kelemahan utama (major), yaitu saat sistem beroperasi dalam loop terbuka (open-loop) dengan asumsi kapasitas manufaktur yang tidak terbatas (infinite capacity). Sebagai contoh, saat sistem menjadwalkan produksi 10.000 unit, sistem tidak dapat mendeteksi apakah mesin atau tenaga kerja tersedia untuk melakukan produksi sebanyak itu. Untuk menutup celah ini, para praktisi kemudian melahirkan evolusi berikutnya, yaitu Manufacturing Resource Planning Kedua (MRP II), pada tahun 1980-an.

MRP II merupakan sistem dengan loop tertutup (closed-loop) yang mengintegrasikan perencanaan material (MRP-I), Capacity Requirements Planning (CRP), dan modul Keuangan yang krusial. Akibatnya, untuk pertama kalinya, rencana operasional dapat langsung diterjemahkan ke dalam nilai moneter—misalnya melalui perhitungan standard costing—dan feedback dari rantai produksi (misalnya apakah pekerjaan selesai tepat waktu) dapat digunakan untuk merevisi jadwal induk.

Secara teknologi, era ini sangat penting dari perspektif kecerdasan buatan. Terjadi peralihan arsitektur dari mainframe ke minicomputer yang lebih terdistribusi (seperti DEC VAX). Teknologi paling signifikan pada masa ini adalah penerapan Relational Database Management System (RDBMS) untuk pengelolaan data yang terstruktur. RDBMS menggunakan bahasa kueri terstruktur atau Structured Query Language (SQL), yang memiliki keunggulan dalam pengolahan data yang fleksibel.

RDBMS menjadi fondasi yang menghasilkan kontribusi signifikan—secara kategori Dinamika Minor—untuk mengembangkan dua kemajuan AI. Pertama, Decision Support Systems (DSS) atau Sistem Pendukung Keputusan (SPK). DSS/SPK yang didukung data

relasional (RDBMS) mempermudah manajer melakukan analisis seperti what-if ("bagaimana-jika"), misalnya: "Apa dampak finansial jika kita mempercepat pesanan X?".

Kedua, terjadi keemasan Expert Systems (Sistem Pakar), yaitu salah satu bentuk AI berbasis aturan (rules-based). Expert System mengadopsi pengetahuan dari ahli manusia (misalnya, seorang penjadwal produksi senior) yang kemudian dikodifikasikan ke dalam serangkaian aturan IF-THEN. Inference engine (mesin inferensi) kemudian menerapkan aturan-aturan ini pada data di sistem MRP II. Dengan demikian, sistem MRP II dapat memberikan rekomendasi penjadwalan yang optimal atau mendiagnosis masalah di rantai produksi. Berdasarkan dampak ini, untuk pertama kalinya komputer tidak hanya mengkalkulasi, tetapi juga memberi nasihat berdasarkan logika yang kompleks.

1.3 Tahap Puncak (Abad ke-20): Konsolidasi ERP dan Benih AI Cerdas (1990-an)

Awal tahun 1990-an merupakan tahap puncak dari masalah besar di dunia industri. Masalah yang dihadapi organisasi bukan lagi soal perencanaan manufaktur, melainkan fenomena "pulau-pulau otomatisasi" (*islands of automation*). Sebagai contoh kasus, sebuah departemen manufaktur memiliki sistem MRP II yang canggih. Kemudian, departemen keuangan memiliki sistem buku besar (*general ledger*) sendiri. Selanjutnya, departemen sumber daya manusia (HR) memiliki sistem penggajian yang terpisah. Bagian-bagian sistem tersebut memiliki basis data sendiri sehingga membuat data antar-sistem tidak sinkron atau tidak saling terhubung. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan entri data pada masing-masing sistem yang memicu data ganda yang rawan kesalahan. Akibatnya, manajemen puncak kesulitan dalam mengambil keputusan yang akurat mengenai kinerja perusahaan.

Dalam menangani fenomena tersebut, para praktisi melakukan evolusi besar sebagai solusi. Penerapan solusi ini adalah menyatukan sistem yang terpisah dengan menggunakan perangkat

lunak (software) *Enterprise Resource Planning* (ERP). Perangkat lunak ini dipelopori oleh perusahaan seperti SAP (*Systems, Applications, and Products in Data Processing*), Oracle, Baan, Odoo, Dynamics 365, dan PeopleSoft, dengan proposisi nilai inti berupa ERP yang terintegrasi total. Perangkat lunak ini bekerja secara monolitik yang dibangun di atas satu basis data terpusat (*single source of truth*) yang melayani semua fungsi bisnis inti, seperti keuangan, HR, manufaktur, rantai pasok, penjualan, dan lainnya.

Evolusi ini merupakan inovasi yang mengadopsi arsitektur *Client-Server (Three-Tier)*. Arsitektur ini dirancang untuk memisahkan lapisan antarmuka pengguna (GUI pada PC pengguna), lapisan aplikasi (logika bisnis yang berjalan di server), dan lapisan basis data (RDBMS terpusat). Dengan adanya arsitektur ini, sistem menjadi jauh lebih berskala (*scalable*), fleksibel, dan ramah pengguna dibandingkan sistem monolitik berbasis *mainframe* atau komputer mini. Namun, arsitektur yang mengimplementasikan ERP ini membawa tantangan besar bagi praktisi. Sebab, ERP memaksa perusahaan untuk meninggalkan proses bisnis unik mereka (yang sering kali tidak efisien) dan mengadopsi praktik terbaik (*best practices*) yang tertanam di dalam templat perangkat lunak ERP. Hal ini membuat perubahan budaya dan proses menjadi masif, dan sering kali lebih sulit dihadapi daripada tantangan teknisnya.

Dari sudut pandang AI, perkembangan ERP ini bersifat minor namun signifikan. Logika *Expert System* (Sistem Pakar) dari tahun 1980-an tidak lagi menjadi modul tambahan (*add-on*) yang terpisah; melainkan, logika tersebut tertanam (*embedded*) di dalam alur kerja (*workflow*) inti ERP itu sendiri. Misalnya, modul keuangan ERP memiliki aturan yang sangat kompleks dan terprogram untuk validasi entri jurnal yang memudahkan para akuntan melakukan alokasi biaya atau proses penutupan akhir bulan. Hasilnya, perangkat lunak ERP melahirkan AI berbasis aturan yang lebih matang sebagai alur kerja pada bagian infrastruktur.

Namun, kemajuan AI yang paling besar di akhir 1990-an merupakan konsekuensi dari keberhasilan ERP itu sendiri. Untuk pertama

kalinya, seluruh data operasional perusahaan—mulai dari data pesanan penjualan, pembelian bahan baku, perekrutan karyawan, hingga pembayaran faktur—berada di satu tempat. Dari kemajuan inilah lahir bidang *Business Intelligence* (BI) dan *Data Warehousing*. Sistem ERP menjadi sistem transaksional (OLTP), dan data historisnya diekstraksi ke *data warehouse* untuk dianalisis (OLAP). Di atas *data warehouse* inilah bentuk-bentuk awal AI analitik, yang sekarang kita sebut dengan *Data Mining*, mulai diterapkan. Pada *data mining* sendiri, diterapkan teknik-teknik seperti algoritma pengelompokan (*clustering*), pohon keputusan (*decision trees*), dan regresi (hubungan antar-variabel). Teknik *data mining* mulai digunakan perusahaan untuk menganalisis data ERP historis guna menemukan pola, mensegmentasi pelanggan, atau memprediksi permintaan, yang akhirnya menjadi langkah awal yang krusial menuju AI prediktif berbasis *machine learning*.

1.4 Kesimpulan Bab

Kesimpulan bab ini menegaskan bahwa evolusi sistem perencanaan perusahaan bukanlah sekadar perubahan zaman, melainkan sebuah narasi besar tentang integrasi yang semakin mendalam. Abad ke-20 didorong oleh kebutuhan mendesak para praktisi yang dimungkinkan oleh lompatan teknologi. Perjalanan ini dimulai dari solusi parsial—pengendalian inventaris berbasis *mainframe*—yang kemudian berevolusi menjadi MRP untuk perencanaan proaktif. Sistem ini terus disempurnakan dengan *feedback loop* dan integrasi finansial menjadi MRP II, di mana AI pertama kali muncul sebagai sistem pakar penasihat. Akhirnya, ketika paradigma "pulau-pulau otomatisasi" menghambat pertumbuhan, ERP hadir sebagai pemecah masalah melalui integrasi penuh pada arsitektur *client-server* dan RDBMS terpusat.

Secara paralel, peran AI dalam evolusi ini bertransisi secara halus namun pasti. Dimulai dari model matematis murni (riset operasi), berevolusi menjadi mesin logika berbasis aturan, dan akhirnya melebur (*embedded*) di dalam nadi proses bisnis ERP.

Namun, warisan terbesar dari era ini sesungguhnya bukanlah perangkat lunak ERP itu sendiri. Aset paling bernilai yang ditinggalkan abad ke-20 adalah data korporat yang terstandarisasi, terpusat, dan bersih. Basis data sebagai *single source of truth* inilah yang kini menjadi landasan pacu absolut bagi revolusi *machine learning* dan AI analitik yang mendefinisikan sistem cerdas di abad ke-21.



DAFTAR PUSTAKA

- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press. (Kitab suci akademik untuk teori mesin pencari dan pemrosesan teks).
- Baeza-Yates, R., & Ribeiro-Neto, B. (1999). *Modern Information Retrieval*. Addison-Wesley. (Referensi klasik tentang model ruang vektor dan indeks teks).
- Davenport, T. H. (1997). *Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment*. Oxford University Press. (Membahas manajemen pengetahuan tidak terstruktur dalam organisasi).
- Svenonius, E. (2000). *The Intellectual Foundation of Information Organization*. MIT Press.
- Collins, C., Dennehy, D., Conboy, K., & Mikalef, P. (2021). Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda. *International Journal of Information Management*, 60, 102383
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14
- Katuu, S. (2020). Enterprise Resource Planning: Past, present and future. *New Review of Information Networking*, 25, 37–46

- Davenport, T. H., Guha, A., Grewal, D., & Bressgott, T. (2020). How artificial intelligence will change the future of marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48, 24–42.
- Dwivedi, Y. K., et al. (2021). Artificial intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994.
- Hagman, J., Ritzén, S., Janhager Stier, J., & Susilo, Y. (2016). Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. *Research in Transportation Business & Management*, 18, 11–17.
- Palmer, K., & Thiel, C. (2018). Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles. *Applied Energy*, 214, 63–77.
- Van Velzen, A., et al. (2019). Proposing a more comprehensive future total cost of ownership forecasting framework (EV context). *Transportation Research Part D / Energy Policy* (Elsevier)
- Roda, I., & et al. (2020). Building a Total Cost of Ownership model to support decision-making for manufacturing assets. *International Journal of Production Research / Journal of Manufacturing Systems*.
- Wróblewski, P. (2021). Total cost of ownership: Selected applications and implications *Energies / Sustainability* (MDPI / Elsevier comparable).
- Drogseth, D., Sturm, R., & Twing, D. (2015). *CMDB Systems: Making Change Work in the Age of Cloud and Agile*. Elsevier (Morgan Kaufmann / ScienceDirect).
- Kautz, K., & Jensen, T. B. (2013). The shaping of organizational IT: Introducing the sociotechnical perspective. *Information & Organization*, 23(1), 1–11. (Elsevier)
- Wang, X., & Conboy, K. (2016). Understanding software process improvement adoption in small organisations: A model and empirical study. *Information & Software Technology* (Elsevier), 77, 1–12.

- Dingsøyr, T., Nerur, S., Balijepally, V., & Moe, N. B. (2012). A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development. *Journal of Systems and Software*, 85(6), 1213–1221. (Elsevier)
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th ed.). McGraw-Hill
- Bratić, D., Miljković, P., Jurečić, D., & Grabarić, T. (2025). AI-Driven Random Forest Model and the Six Sigma Approach for Enhancing Offset Printing Process and Product Quality
- Pongboonchai-Empl, T. (2025). DMAIC 4.0: Innovating the Lean Six Sigma Methodology
- Ganti, S. (2025). AI Driven Talent Acquisition: Integrating Agile and Lean Six Sigma
- Gradoz, J. (2023). *The Computer and the Statistician: Computerization and the construction of indexes*
- Jawad, Z. N., et al. (2024). Machine learning-driven optimization of enterprise resource planning applications: a review.
- Deliu, D., et al. (2024). The Role of Artificial Intelligence and Big Data Analytics in professional practice. MDPI / Electronics.
- Kotu, V., & Deshpande, B. (2014). *Predictive Analytics and Data Mining: Concepts and Practice with RapidMiner*. Morgan Kaufmann / Elsevier.
- Hill, J., et al. (2018). Implementation of Lean Six Sigma in supply chain and operations
- Tocto-Cano, E., et al. (2020). A Systematic Review of the Application of Maturity Models in Universities.
- Patón-Romero, J. D., et al. (2019). Maturity model based on CMMI for governance and management of Green IT.
- Kim, S., et al. (2022). Organizational process maturity model for IoT data quality management
- Mansour, O. H., Raslan, A., & Ramadan, N. (2024). A proposed approach for measuring maturity level of software delivery. *Journal of Software Engineering and Applications*, 17(5), 228–245.
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill Education.

- Astridita, A., Raharjo, T., & Fitriani, A. N. (2024). *Perceived benefits and challenges of implementing CMMI on Agile project management: A systematic literature review*. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 15(1), 232
- Ahoa, E., Kassahun, A., Verdouw, C., Tekinerdogan, B., & Tummers, J. (2026). *A capability maturity model for assessing digital integration in smart farming*. *Smart Agricultural Technology*, 13, 101743.
- Putra S, E. M., Mukaromah, S., & Putra, A. B. (2024). *Evaluasi tingkat kematangan proses pengembangan perangkat lunak menggunakan framework CMMI*. *Jurnal Manajemen Informatika dan Sistem Informasi*, 7(2), 164–173.
- Niazi, M. (2022). *A proposed approach for measuring maturity level of software delivery*. *Scirp.org Journal of Software Engineering and Applications*.
- Goecks, L. S., Habekost, A. F., Coruzzolo, A. M., & Sellitto, M. A. (2024). *Industry 4.0 and Smart Systems in Manufacturing: Guidelines for the Implementation of a Smart Statistical Process Control*. *Applied System Innovation*, 7(2), 24.
- Djunaidi, M., Priyadi, P. A. W., Fitriadi, R., & Nursanti, I. (2024). *Implementation of statistical process control and failure mode and effect analysis for quality control of steel plate products*. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 24(1), 10960.
- Wolniak, R., & Grebski, W. (2023). *The usage of Statistical Process Control (SPC) in Industry 4.0 conditions*. *Scientific Papers of Silesian University of Technology – Organization and Management Series*, 190.
- Xiao, Q., Jin, W., Qian, J., Zhang, Q., & Xu, Y. (2021). *Research and Application of SPC in Process Quality Control of Tobacco Industry – dalam IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)*.
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Komkowski, T., & Tortorella, G. L. (2024). *Integration of Industry 4.0 technologies into Lean Six Sigma DMAIC: a systematic review*. *Production Planning and Control*, 35(12), 1403–1428.

- Gültaş, M. P. (2024). Enhancing Production Processes in The Medical Industry: A Six Sigma Case Study with Industry 4.0 Integration. *Journal of Turkish Operations Management*, 8(2), 363–373.
- Khisbulloh, W., & Yudoko, G. (2024). OEE improvement through reducing start up duration using lean six sigma methodology in manufacturing. *International Journal of Accounting and Management Information Systems*, 2(2), 95–111.
- Tennant, G. (2021). *Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services*. Gower Publishing.
- Antony, Jiju & Kumar, M. (Eds.). (2023). *Lean Six Sigma and Industry 4.0 Integration: Quality Improvement in the Era of Smart Manufacturing*. Wiley.
- Montgomery, D. C. (2022). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
- Antony, J., Sony, M., McDermott, O., & Jayaraman, R. (2022). Six Sigma for service, transactional and knowledge-based processes: A critical review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(3), 710–734.
- Trkman, P., Mertens, W., Viaene, S., & Gemmel, P. (2022). From business process management to customer process management: A new perspective enabled by ERP and analytics. *Business Process Management Journal*, 28(1), 1–22.
- Elbashir, M. Z., Collier, P. A., & Sutton, S. G. (2021). The role of organizational absorptive capacity in strategic use of ERP analytics. *Journal of Strategic Information Systems*, 30(2).
- Rikhardsson, P., & Yigitbasioglu, O. (2022). Business intelligence & analytics in management accounting research: Status and future focus. *International Journal of Accounting Information Systems*, 45.
- Santos, J., Mendes, J., & Ferreira, J. (2022). Integrating ERP, data warehousing, and Six Sigma for enterprise-wide performance measurement. *IEEE Access*, 10, 104233–104247.
- Kristanti, P. D., Anshori, M. I., & Andriani, N. (2023), Enterprise Resource Planning (ERP) in Supply Chain Management

- (SCM) Operational Performance: A Systematic Literature Review. *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, 11(3), 991–996.
- Bogani, L., Theodorou, A., Arnaboldi, L., Wortham, R. (2022). *Garbage in, toxic data out: a proposal for ethical artificial intelligence sustainability impact statements*. *AI and Ethics*.
- Wigayha, C. K., & Winata, V. (2025). *Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions*.
- Alsolbi, I., Shavaki, F. H., Agarwal, R., et al. (2023). Big data optimisation and management in supply chain management: a systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, 56 (Suppl 1), 253–284.
- Teixeira, A. R., Vasconcelos Ferreira, J., & Ramos, A. L. (2025). *Intelligent supply chain management: a systematic literature review on artificial intelligence contributions*.
- Mohammed, S., Budach, L., Feuerpfeil, M., et al. (2025). *The effects of data quality on machine learning performance on tabular data*.
- Alhajri, A., Banialnajjar, S., Alfalasi, S., Alghfeli, S., & Ali, M. (2025), *Walmart's Retail Link Supply Chain: A Case Study Solution International Journal of Supply Chain Management*.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2021). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies* (4th ed.).
- Stadtler, H., Kilger, C., & Meyr, H. (Eds.) (2021). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies*.
- Alshahrani, N. M., Mat Kiah, M. L., Zaidan, B. B., Alamoodi, A. H., & Saif, A. (2023). A review of smart contract blockchain based on multi-criteria analysis: Challenges and motivations. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 35(8), 101760.
- Bassan, F. (2024). From smart legal contracts to contracts on blockchain. *International Journal of Law and Information Technology*, 32(1), 1–23.

- Taherdoost, H. (2023). Smart contracts in blockchain technology: A critical review. *Information*, 14(2), 117.
- Tripathi, G., Ahad, M. A., & Casalino, G. (2023). A comprehensive review of blockchain technology: Underlying principles and historical background with future challenges. *Decision Analytics Journal*, 6, 100164.
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2022). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55–81.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2020). *Blockchains and smart contracts for the Internet of Things: Opportunities and challenges*. Academic Press
- Mougayar, W. (2021). *The business blockchain: Promise, practice, and application of the next Internet technology* (2nd ed.). Wiley.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. *AI Magazine*, 17(3), 37. (Paper seminal yang mendefinisikan proses KDD).
- Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Harvard Business School Press. (Membahas transisi dari data ke pengetahuan).
- Mashey, J. R. (1997). *Big Data and the Next Wave of InfraStress*. (Presentasi historis yang sering dianggap sebagai salah satu penggunaan awal istilah Big Data).
- Witten, I. H., & Frank, E. (1999). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. Morgan Kaufmann.



PROFIL PENULIS

Penulis 1

Agus Byna S.Kom., M.Kom., Ph.D., Lulusan dari University Pendidikan Sultan Idris Malaysia tahun 2025 dengan gelar Doctor of Philosophy (PhD) in Artificial Intelligence (AI) khususnya di bidang Artificial Intelligence (AI) saat ini sudah memiliki pengalaman di bidang mengajar selama kurang lebih 6 tahun pada Universitas Sari Mulia di Banjarmasin.

Penulis 2

Bayu Nugraha S.Kom., M.MSI., lulusan dari Binus University pada tahun 2015 dengan keahlian di bidang Management Sistem Informasi yang berpengalaman mengajar 8 tahun di jurusan sistem informasi, saat ini aktif mengajar pada Universitas Sari Mulia di Banjarmasin.

Penulis 3

Nor Anisa, S.Kom., M.Kom., menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) pada Program Studi Sistem Informasi di Universitas Respati Yogyakarta pada tahun 2017. Selanjutnya meraih gelar Magister (S2) pada Program Studi Informatika di UIN Sunan Kalijaga pada tahun 2022. Saat ini berprofesi sebagai dosen dan aktif mengajar di Program Studi Sistem Informasi Universitas Sari Mulia.

Buku ini mengupas sejarah dan evolusi teknologi sistem informasi serta Kecerdasan Buatan (AI) sepanjang abad ke-20. Buku ini secara tegas menolak narasi yang menganggap AI sebagai fenomena eksklusif yang muncul tiba-tiba di abad ke-21. Sebaliknya, buku ini berargumen bahwa abad ke-20 merupakan "laboratorium raksasa" yang meletakkan fondasi infrastruktur perusahaan dan aset data korporat. Tanpa fondasi historis tersebut, algoritma *machine learning* otonom modern tidak akan memiliki data untuk dipelajari maupun sistem untuk beroperasi. Materi di dalam buku ini membedah 14 bab secara kronologis dan tematik menggunakan struktur analitis ganda:

- **Dinamika Major:** Menjelaskan pergeseran paradigma manajerial dalam organisasi.
- **Dinamika Minor:** Mengupas detail teknis dan algoritma pendukung di balik pergeseran tersebut.

Secara filosofis, buku ini menyoroti tiga transformasi besar dalam cara operasional organisasi:

- **Dari Ketidaktahuan Menuju Visibilitas:** Berevolusi dari manajemen inventaris "kotak hitam" menuju transparansi *Enterprise Resource Planning (ERP)* dan *Supply Chain Management (SCM)*.
- **Dari Intuisi Menuju Data:** Menggeser pengambilan keputusan dari sekadar firasat dan bias eksekutif menuju ketepatan analitis yang digerakkan oleh *Business Intelligence* dan Big Data.
- **Dari Kaku Menuju Adaptif:** Memetakan perjalanan AI dari model matematika statis dan aturan kaku menuju pengenalan pola yang dinamis melalui Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Networks*).

Eksplorasi di dalam buku ini mencakup berbagai spektrum teknologi dan manajemen, di antaranya:

- Evolusi fondasi komputasi bisnis seperti sistem ERP, kerangka kerja *Total Cost of Ownership (TCO)*, dan lokalisasi arsitektur perangkat lunak.
- Perjalanan pendisiplinan proses rekayasa perangkat lunak dan kualitas melalui CMMI dan Six Sigma.
- Dinamika integrasi rantai pasok global (SCM), penanganan *Bullwhip Effect*, serta peramalan deret waktu bisnis.
- Evolusi otomatisasi hukum melalui sejarah *Due Diligence* dan *Smart Contracts* berbasis kriptografi.
- Transformasi manajemen pelanggan massal menuju personalisasi individual melalui *Customer Relationship Management (CRM)* dan manajemen loyalitas (*Share of Wallet*).
- Sejarah konsolidasi data menuju era *Business Intelligence*, masa transisi Big Data, dan pemecahan masalah data yang tidak terstruktur seperti arsip teks dan gambar.

Buku ini dirancang sebagai peta jalan strategis bagi mahasiswa yang membutuhkan ketajaman teoretis serta bagi praktisi industri yang memerlukan konteks historis. Secara keseluruhan, buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman bahwa teknologi selalu hadir sebagai respons terhadap masalah bisnis yang mendesak, sekaligus membekali pembaca dengan landasan arsitektur masa lalu untuk memimpin di era AI otonom saat ini.