

# ILMU KOMPUTER

## Landasan Teoretis, Implementasi Praktis, dan Ragam Aplikasi

Tim Penulis:

Norbertus Tri Suswanto Saptadi | Euis Nur Fitriani Dewi | Ahmad Budi Trisnawan  
Sean C. Sumarta | Aland Polma | Hendrik Fery Herdiyatkomo | Rismayani  
Ulla Delfana Rosiani | Eka Purnama Harahap | Lindung Siswanto  
Zainudin | Lilis Supratman

# **ILMU KOMPUTER**

Landasan Teoretis, Implementasi Praktis,  
dan Ragam Aplikasi

**Norbertus Tri Suswanto Saptadi**

**Euis Nur Fitriani Dewi**

**Ahmad Budi Trisnawan**

**Sean C. Sumarta**

**Aland Polma**

**Hendrik Fery Herdiyatomoko**

**Rismayani**

**Ulla Delfana Rosiani**

**Eka Purnama Harahap**

**Lindung Siswanto**

**Zainudin**

**Lilis Supratman**

**Editor: Ajay Supriadi, M.Kom.**



# ILMU KOMPUTER

## Landasan Teoretis, Implementasi Praktis, dan Ragam Aplikasi

### Tim Penulis:

Norbertus Tri Suswanto Saptadi  
Euis Nur Fitriani Dewi  
Ahmad Budi Trisnawan  
Sean C. Sumarta  
Aland Polma  
Hendrik Fery Herdiyatomoko  
Rismayani  
Ulla Delfana Rosiani  
Eka Purnama Harahap  
Lindung Siswanto  
Zainudin  
Lilis Supratman

**Editor** : Ajay Supriadi, M.Kom.  
**Tata Letak** : Lilis Khalisatul Karimah, S.H.  
**Desain Cover** : Asep Nugraha, S.Hum.  
**Ukuran** : UNESCO 15,5 x 23 cm  
**Halaman** : viii, 220  
**ISBN** : 978-634-7522-41-2  
**Terbit Pada** : April 2026  
**Anggota IKAPI** : No. 073/BANTEN/2023

### Hak Cipta 2026 @ Sada Kurnia Pustaka dan Penulis

*Hak cipta dilindungi undang-undang dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit dan penulis.*

### PENERBIT PT SADA KURNIA PUSTAKA

Jl. Kramat, Panenjoan Kec. Carenang, Kab. Serang – Banten, 42195  
Email : sadapenerbit@gmail.com  
Website : sadapenerbit.com & repository.sadapenerbit.com  
Telpon/WA : +62 838 1281 8431

# KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku yang berjudul **"ILMU KOMPUTER: Landasan Teoretis, Implementasi Praktis, dan Ragam Aplikasi"** ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai respons terhadap pesatnya perkembangan teknologi informasi yang telah merambah ke seluruh sendi kehidupan manusia. Ilmu komputer, yang dahulu mungkin dianggap sebagai bidang yang elitis, kini telah menjadi fondasi utama dalam berbagai sektor, mulai dari pendidikan, ekonomi, kesehatan, hingga hiburan.

Penulisan buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif dan sistematis tentang ilmu komputer, tidak hanya sebagai sekumpulan teori abstrak, tetapi juga sebagai disiplin ilmu yang memiliki implementasi praktis dan ragam aplikasi yang luas. Materi dalam buku ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara konsep teoretis yang mendasar dan penerapannya di dunia nyata. Dengan demikian, pembaca diharapkan tidak hanya memahami "apa" dan "mengapa" di balik sebuah teknologi, tetapi juga "bagaimana" teknologi tersebut dapat diaplikasikan untuk memecahkan berbagai persoalan.

Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan khazanah keilmuan di bidang komputer serta bermanfaat bagi mahasiswa, dosen, peneliti, dan masyarakat umum yang ingin mendalami dunia komputasi.

Penulis


# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iv</b>
<b>BAB 1 PENGANTAR ILMU KOMPUTER DAN FONDASI LOGIKA MATEMATIS.....</b>	<b>1</b>
Pendahuluan .....	2
Pengertian Ilmu Komputer .....	3
Ruang Lingkup Ilmu Komputer.....	4
Pengertian Logika Matematis .....	5
Pernyataan dan Nilai Kebenaran.....	7
Hubungan Ilmu Komputer dan Logika Matematis.....	8
Mempelajari Ilmu Komputer dan Logika Matematis.....	10
Penutup .....	11
Daftar Pustaka.....	12
Profil Penulis.....	15
<b>BAB 2 MODEL KOMPUTASI, ALGORITMA, DAN STRUKTUR DATA .....</b>	<b>16</b>
Pengertian Komputasi.....	17
Pengertian dan Model-Model Komputasi .....	17
Pengertian dan Ciri-Ciri Algoritma.....	21
Struktur Dasar Algoritma .....	22
Pengertian Struktur Data .....	23
Jenis-Jenis Struktur Data.....	24
Daftar Pustaka.....	27
Profil Penulis.....	28
<b>BAB 3 SISTEM KOMPUTASI TERDISTRIBUSI DAN PARALEL .....</b>	<b>29</b>
Pengantar Sistem Komputasi Terdistribusi dan Paralel.....	30
Konsep Dasar Komputasi Paralel.....	31
Arsitektur Sistem Komputasi Paralel.....	35
Konsep Dasar Komputasi Terdistribusi.....	38
Model Arsitektur Sistem Terdistribusi.....	41
Perbedaan Komputasi Terdistribusi dan Paralel .....	44
Teknologi Pendukung Sistem Komputasi Terdistribusi dan Paralel.....	46

Peran Sistem Komputasi Terdistribusi dan Paralel Dalam Kecerdasan Buatan dan <i>Big Data</i> .....	48
Tantangan dan Isu Dalam Implementasi Sistem Komputasi Terdistribusi dan Paralel .....	51
Studi Kasus dan Implementasi Nyata .....	54
Daftar Pustaka.....	57
Profil Penulis.....	65
<b>BAB 4 JARINGAN KOMPUTER DAN PROTOKOL KOMUNIKASI DATA.....</b>	<b>66</b>
Jaringan Komputer.....	67
Model OSI ( <i>Open System Interconnection</i> ) .....	68
Protokol Dalam Komunikasi Data.....	71
Daftar Pustaka.....	87
Profil Penulis.....	90
<b>BAB 5 KEAMANAN INFORMASI DAN KEAMANAN SIBER.....</b>	<b>91</b>
Pendahuluan .....	92
Konsep Dasar Keamanan Informasi .....	94
Jenis Ancaman Keamanan Digital .....	97
Komponen Sistem Keamanan Informasi .....	97
Teknik Perlindungan Keamanan Siber.....	101
Keamanan Informasi Dalam Lingkungan Pendidikan.....	102
Kesimpulan.....	104
Daftar Pustaka.....	105
Profil Penulis.....	106
<b>BAB 6 SISTEM BASIS DATA SERTA PENGELOLAAN BIG DATA</b>	<b>107</b>
Pendahuluan .....	108
Landasan Teoritis Sistem Basis Data Tradisional .....	108
Landasan Teoritis Pengelolaan <i>Big Data</i> .....	111
Implementasi Praktis dan Optimasi Kinerja Sistem Basis Data .....	118
Ekosistem dan Komponen Teknologi Pengelolaan <i>Big Data</i> ..	125
Ragam Aplikasi dan Studi Kasus Industri .....	127
Kesimpulan Integratif.....	133
Daftar Pustaka.....	135
Profil Penulis.....	136

<b>BAB 7 KECERDASAN BUATAN, PEMBELAJARAN MESIN, DAN ROBOTIKA.....</b>	<b>137</b>
Kecerdasan Buatan .....	138
Pembelajaran Mesin .....	141
Robotika .....	144
Daftar Pustaka.....	147
Profil Penulis.....	150
<b>BAB 8 PENGOLAHAN CITRA <i>DIGITAL</i> DAN SINYAL SUARA .....</b>	<b>151</b>
Pendahuluan .....	152
Pengolahan Citra Digital.....	152
Pengolahan Sinyal Suara .....	159
Daftar Pustaka.....	165
Profil Penulis.....	167
<b>BAB 9 <i>VIRTUAL REALITY (VR), AUGMENTED REALITY (AR), DAN METAVERSE.....</i></b>	<b>168</b>
Pendahuluan: Evolusi Interaksi Manusia Dan Komputer .....	169
Perubahan Paradigma Dari <i>2D Interface</i> Ke <i>Immersive Computing.....</i>	169
Konsep <i>Extended Reality (XR).....</i>	170
Peran XR Dalam Revolusi Industri 4.0 dan <i>Society 5.0 .....</i>	171
Konsep Dasar dan Karakteristik VR .....	172
Implementasi VR Dalam Berbagai Sektor .....	173
Konsep Dasar dan Karakteristik AR .....	174
Implementasi AR Dalam Berbagai Sektor .....	175
Definisi dan Evolusi Konsep <i>Metaverse.....</i>	176
Karakteristik Utama Metaverse .....	177
Implementasi Metaverse Dalam Berbagai Sektor.....	178
Daftar Pustaka.....	179
Profil Penulis.....	181
<b>BAB 10 KEAMANAN PERANGKAT LUNAK DAN PENGUJIAN PENETRASI .....</b>	<b>182</b>
Pendahuluan .....	183
Konsep Dasar Keamanan Perangkat Lunak.....	183
Kerentanan Umum Pada Perangkat Lunak .....	185
<i>Secure Software Development Lifecycle (SSDLC).....</i>	185
<i>Secure Coding .....</i>	186

Konsep Pengujian Keamanan Aplikasi .....	190
Metodologi Pengujian Penetrasi.....	191
<i>Tools</i> Pengujian Keamanan .....	192
Mitigasi dan <i>Hardening</i> Keamanan Aplikasi.....	193
Tren Masa Depan Keamanan Perangkat Lunak.....	194
Ringkasan .....	195
Daftar Pustaka.....	196
Profil Penulis.....	197
<b>BAB 11 KEWIRAUSAHAAN TEKNOLOGI (<i>TECHNOPRENEURSHIP</i>) DALAM ILMU KOMPUTER .....</b>	<b>198</b>
Pengertian <i>Technopreneurship</i> .....	199
Konsep Dasar <i>Technopreneurship</i> .....	200
Daftar Pustaka.....	208
Profil Penulis.....	209
<b>BAB 12 STUDI KASUS: TRANSFORMASI DIGITAL DI BERBAGAI SEKTOR INDUSTRI.....</b>	<b>210</b>
Pendahuluan .....	211
Konsep Transformasi <i>Digital</i> .....	212
Studi Kasus Transformasi <i>Digital</i> di Berbagai Sektor Industri .....	213
Analisis Dampak Transformasi <i>Digital</i> .....	217
Daftar Pustaka.....	219
Profil Penulis.....	220



# **BAB 1**

# **PENGANTAR ILMU**

# **KOMPUTER DAN**

# **FONDASI LOGIKA**

# **MATEMATIS**

---

**Dr. Ir. Norbertus Tri Suswanto Saptadi, S.Kom., M.T., M.M., IPM.**  
Universitas Atma Jaya Makassar



## Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Komputer tidak lagi hanya digunakan sebagai alat bantu perhitungan, tetapi juga telah menjadi sarana utama dalam pengolahan data, pengambilan keputusan, dan penyediaan informasi (Afriantoni *et al.*, 2025). Kondisi ini menjadikan ilmu komputer sebagai disiplin ilmu yang memiliki peran strategis dalam mendukung kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Ilmu komputer merupakan bidang ilmu yang mempelajari cara kerja komputer secara konseptual dan sistematis, mulai dari representasi data hingga pemecahan masalah dengan menggunakan algoritma (Rahma *et al.*, 2024). Fokus utama ilmu komputer bukan hanya pada penggunaan perangkat keras dan lunak, melainkan proses berpikir logis dan terstruktur dalam menyelesaikan suatu permasalahan tertentu. Ilmu komputer akan membekali individu dengan kemampuan berpikir komputasional yang dapat diterapkan di berbagai bidang.

Di balik kemampuan komputer dalam memproses informasi secara cepat dan akurat, terdapat prinsip logika yang menjadi dasar dalam pengambilan keputusan. Logika matematis hadir sebagai cabang ilmu yang mempelajari aturan-aturan penalaran formal untuk menentukan kebenaran suatu pernyataan (Maskhuliah *et al.*, 2025). Logika ini memungkinkan penyusunan argumen dan kesimpulan yang konsisten serta bebas dari kesalahan penalaran.

Hubungan antara ilmu komputer dan logika matematis sangat erat dan tidak dapat dipisahkan. Berbagai konsep ilmu komputer, seperti algoritma, struktur kontrol, dan pemrograman, dibangun berdasarkan prinsip-prinsip logika matematis. Tanpa pemahaman logika yang baik, perancangan sistem komputer dan perangkat lunak yang andal akan sulit diwujudkan (Aldiansyah, 2023).

Penguasaan ilmu komputer yang disertai dengan pemahaman fondasi logika matematis menjadi hal yang sangat penting. Melalui pembelajaran kedua bidang ini, diharapkan mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, sistematis, dan analitis sebagai bekal dalam menghadapi tantangan di era *digital* yang terus berkembang.

## Pengertian Ilmu Komputer

Ilmu komputer adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari prinsip-prinsip dasar pengolahan informasi menggunakan komputer sebagai alat bantu utama (Candra, 2019). Ilmu ini tidak hanya berfokus pada penggunaan perangkat komputer, tetapi juga pada konsep, metode, dan teori yang mendasari cara komputer bekerja dalam menyelesaikan berbagai permasalahan.

Secara konseptual, ilmu komputer menekankan pada proses pemecahan masalah secara sistematis dan terstruktur (Christi *and* Rajiman, 2023). Proses tersebut diwujudkan melalui perancangan algoritma, yaitu langkah-langkah logis dan berurutan yang digunakan untuk mengolah data menjadi informasi yang bermakna. Melalui algoritma yang tepat dan relevan, komputer dapat menjalankan instruksi secara efisien, akurat, dan efektif.

Ilmu komputer juga akan mencakup berbagai kajian tentang representasi data dan informasi. Data yang diproses oleh komputer harus direpresentasikan dalam bentuk yang dapat dipahami oleh mesin, seperti bilangan biner dan struktur data tertentu. Pemilihan representasi data yang sesuai sangat berpengaruh terhadap kinerja dan keandalan suatu sistem komputer (Regita Yori Siregar *et al.*, 2024).

Selain aspek teoritis, ilmu komputer memiliki dimensi praktis yang berkaitan dengan pengembangan perangkat lunak dan sistem komputer (Haris *et al.*, 2024). Bidang ini melibatkan analisis, pemrograman, perancangan sistem, pengujian, penerapan, serta pemeliharaan perangkat lunak agar dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan dan harapan dari pengguna. Ilmu komputer berupaya menggabungkan teori dan praktik secara seimbang.

Melalui ruang lingkup yang luas dan terus berkembang, ilmu komputer memiliki peran penting dalam berbagai bidang kehidupan, seperti pendidikan, bisnis, kesehatan, perdagangan, dan industri (Segara *et al.*, 2025). Pemahaman terhadap ilmu komputer tidak hanya dalam upaya meningkatkan kemampuan teknis semata, tetapi juga dapat melatih dalam cara dan pola pikir secara logis, kritis, dan analitis yang mendalam sehingga menjadi sangat dibutuhkan di era *digital* saat ini.



**Gambar 1.1: Ilmu Komputer**

Sumber: <https://binus.ac.id/bandung/2025/06/mengapa-ilmu-komputer-penting-untuk-generasi-masa-depan/>.

## **Ruang Lingkup Ilmu Komputer**

Ruang lingkup ilmu komputer mencakup berbagai aspek yang berkaitan dengan pengolahan informasi secara sistematis dengan menggunakan komputer (Setiyadi, 2023). Ilmu komputer tidak hanya mempelajari perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga konsep teoritis yang akan menjadi dasar perancangan, analisis, dan pengembangan dalam sistem komputasi. Luasnya ruang lingkup ini menjadikan ilmu komputer sebagai suatu disiplin yang dinamis dan terus dapat berkembang.

Salah satu ruang lingkup utama ilmu komputer adalah algoritma dan struktur data. Algoritma berfungsi sebagai langkah-langkah logis dalam menyelesaikan suatu permasalahan, sedangkan struktur data digunakan untuk mengorganisasi dan menyimpan data secara efisien. Keduanya menjadi fondasi yang penting dan utama dalam pengembangan program komputer yang efektif dan optimal (Anggreani and Yahfizham, 2024).

Ruang lingkup berikutnya adalah pemrograman dan rekayasa perangkat lunak. Bidang ini mempelajari teknik penulisan kode

## Daftar Pustaka

- Afriantoni *et al.* (2025). Peran Teknologi Pendidikan dalam Meningkatkan Mutu Pembelajaran di Era Digital, *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 3(4), pp. 434–444.
- Aldiansyah, A. (2023). Analisis Hubungan Logika Matematika Pada Bahasa Pemrograman Java, *Seminar Nasional Pendidikan IPA dan Matematika*, pp. 1–9.
- Anggreani, S. And Yahfizham, Y. (2024). Pengantar dan Pengenalan Konsep Dasar Algoritma Pemrograman, *Pendekar: Jurnal Pendidikan Berkarakter*, 2(1), pp. 282–294.
- Candra, H.K. (2019). *Pengantar Teknologi Informasi*. Edited by P. Press. Yogyakarta.
- Christi, S.R.N. And Rajiman, W. (2023). Pentingnya Berpikir Komputasional Dalam Pembelajaran Matematika, *Journal on Education*, 5(4), pp. 12590–12598.
- Dwijayana, D. *et al.* (2022). Rancang Skema Database dan Implementasi Database Migration, *Jurnal Pengabdian Informatika*, 1 (November), pp. 145–154.
- Fatma, N. and Mardianto, D. (2024). Systematic Literature Review: Penerapan Berpikir Komputasi Dalam Pembelajaran Matematika, *Journal of Student Research (JSR)*, 2(4), pp. 41–55.
- Haris, A. *et al.* (2024). Dasar-Dasar Komputer yang Harus Dimiliki Oleh Masyarakat Dalam Menghadapi Perkembangan Teknologi, *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(1), pp. 1–9.
- Isna, D. *et al.* (2025). Penerapan Sistem Informasi dan Jaringan Komputer Dalam Literasi Digital, *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika*, 3(4), pp. 172–181.
- Istianda, U. *et al.* (2025). Peran Pembuktian dalam Membangun Struktur dan Kebenaran Ilmu Matematika, *Wilangan*, 6(4), pp. 325–331.
- Juliantara, I.W.A., Putra, I.M.A.W. And Ariawan, W.E. (2025). Studi Literatur Pemahaman Mahasiswa tentang Logika Informatika dalam Pemrograman, *Jurnal JIS Siwirabuda*, 3(2), pp. 16–22.

- Maskhuliah, P. *et al.* (2025). Penerapan Logika Matematika dalam Menyelesaikan Masalah Sehari-hari, *Aljabar: Jurnal Ilmuan Pendidikan, Matematika dan Kebumian*, 1(2), pp. 150–155.
- Matematika, A.J. *et al.* (2025). Proposisi Dalam Matematika: Pemahaman Tentang Negasi Konjungsi, dan Disjungsi dan Penerapan Operasi Logika Dalam Analisis Matematika, *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumian dan Angkasa*, 3(September), pp. 41–50.
- Melkisedek, M. *et al.* (2024). Tinjauan Mendalam Terhadap Peran Logika Dalam Pemikiran dan Penalaran Manusia, *Sinar Kasih: Jurnal Pendidikan Agama dan Filsafat*, 2(2), pp. 1–17.
- Mutia Husnaidah, Marlina Serli Hrp And Khotna Sofiyah (2024). Konsep Dasar Matematika Fondasi Untuk Berpikir Logis, *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Terpadu*, 8(12), pp. 41–47.
- Nurhaswinda *et al.* (2025). Peran Logika Matematika Dalam Pemecahan Masalah, *Cahaya Pelita: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 1(2), pp. 56–60.
- Rahma *et al.* (2024). Studi Literatur: Pentingnya Berpikir Komputasional Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik, *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumian dan Angkasa*, 2(2), pp. 17–23.
- Regita Yori Siregar *et al.* (2024). Analisis Representasi Data Dalam Topik Pengantar Ilmu Komputer, *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, 2(1), pp. 18–28.
- Segara *et al.* (2025). Perkembangan Teknologi Informasi di Indonesia: Tantangan dan Peluang, *Jurnal Sains Student Research*, 3(1), pp. 21–33.
- Septaliva, R.I. *et al.* (2025). Peran Pembuktian Dalam Matematika Sebagai Fondasi Kebenaran dan Kepastian Ilmiah, *de Fermat: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), pp. 889–896.
- Setiyadi, B. (2023). Pemanfaatan dan Pengelolaan Teknologi Informasi dan Komunikasi Dalam Menunjang Proses Pembelajaran, *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, 3(1), pp.

150–161.

Yurni Anti *et al.* (2022). Analisis Proposisi Dengan Metode Pohon Semantik, *Jurnal Matematika & Sains*, 2(1), pp. 165–174.

## PROFIL PENULIS




### **Dr. Ir. Norbertus Tri Suswanto Saptadi, S.Kom., M.T., M.M., IPM.**

Lahir di Cirebon, Jawa Barat, tanggal 7 Juni 1975. Memiliki Jabatan Fungsional Lektor Kepala, Pembina Tingkat I (IV/b). Berpendidikan Sarjana Komputer (S.Kom.) di Universitas Teknologi Digital Indonesia (UTDI) tahun 1998, Magister Manajemen (M.M.) di Universitas Hasanuddin (UNHAS) tahun 2004, Magister Teknologi Informasi (M.T.) di Universitas Gadjah Mada (UGM) tahun 2007, Insinyur (Ir.) di Pendidikan Profesi Insinyur UNHAS tahun 2020, Insinyur Profesional Madya (IPM.) di Persatuan Insinyur Indonesia (PII) tahun 2021, Doktor (Dr.) di Fakultas Teknik UNHAS tahun 2023, Kursus Kader Pimpinan (Suskapin) XXVI Menwa RI tahun 1997, dan Program Pendidikan Reguler Angkatan (PPRA) LX Lemhannas RI tahun 2020.

Menjadi tenaga pengajar (Dosen) pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Atma Jaya Makassar (UAJM). Peraih Poster terbaik DPRM Dikti tahun 2016. Dosen berprestasi IKDKI tahun 2020, 2021, 2024, dan 2025. Pernah menjabat Kepala UPT Komputer, Kepala BAPSI, Wakil Dekan FT, Dekan FT dan FTI, Wakil Rektor III, Ketua Penjaminan Mutu. Tim PAK Dosen dan Asesor BKD UAJM. *Reviewer International Conference* dan Jurnal SINTA. Pemenang Hibah Kemdikbud Penelitian Dosen Pemula, Bersaing, Fundamental, dan Strategi Nasional.

Penulis artikel media massa Tribun Timur, Koinonia, Bisnis Sulawesi, Sesawi.net, Mirifica.net, HidupKatolikCom, OMKNet, KatolikaTV, Jalan Hidup Katolik, dll. Penulis Buku di Kanisius, Sada Kurnia Pustaka, Aksara Sastra Media, *Future Science*, HEI Publishing, Mifandi Mandiri Digital, Rey Media Grafika, Widina Salemba, Andi, dan Cendikia Mulia Mandiri. Aktifis organisasi IKA Lemhannas RI LX, IARMI, DPP ISKA, BAPOMI Sulsel, LP3KD Sulsel, IKDKI SulSelTraBar, Komkep KAMS, Komsos KAMS, PUKAT KAMS, TPP KAMS, FMKI KAMS, UPS KAMS, Pengurus Kebun Sawit Laimbo, FDI, PII Makassar, INAPR, Dewan Keuangan Paroki dan Program Ayo Sekolah Mariso, Animator Laudato Si, dll.

Email Penulis: [ntsaptadi@gmail.com](mailto:ntsaptadi@gmail.com).



**BAB 2**  
**MODEL KOMPUTASI,  
ALGORITMA, DAN  
STRUKTUR DATA**

---

**Euis Nur Fitriani Dewi, S.T., M.Kom.**  
Universitas Siliwangi



## Pengertian Komputasi

Komputasi adalah penghitungan dengan menggunakan computer, atau dapat juga diartikan sebagai penghitungan dengan menggunakan bilangan-bilangan atau peubah-peubah yang dilaksanakan berdasarkan urutan langkah yang diberikan (kbbi.web.id, 2026).

Komputasi juga dapat diartikan sebagai suatu proses penggunaan teknologi *computer*, perangkat keras, perangkat lunak untuk memproses informasi, melakukan perhitungan aritmatika/non aritmatika, serta menyelesaikan masalah kompleks berdasarkan Langkah-langkah sistematis (algoritma). Secara detail, berikut poin-poin penting mengenai komputasi:

1. **Tujuan Utama:** yaitu menemukan solusi masalah, meningkatkan efisiensi, dan memproses data secara cepat.
2. **Komponen:** melibatkan perangkat keras (komputer, *server*, CPU) dan perangkat lunak (algoritma, aplikasi).
3. **Contoh Penerapan:** ilmu komputasi, komputasi awan (*cloud computing*), simulasi cuaca, analisis data, dan kecerdasan buatan (AI).

Dalam konteks modern, komputasi juga merujuk pada daya pemrosesan yang dibutuhkan oleh aplikasi, seperti dalam *cloud computing* yang mengandalkan CPU, RAM, dan jaringan.

## Pengertian dan Model-Model Komputasi

Model Komputasi adalah kerangka kerja teoritis atau matematis yang mendefinisikan bagaimana data diproses, dihitung, dan algoritma dijalankan pada komputer abstrak. Ini memodelkan perilaku sistem, memecahkan masalah kompleks, dan memprediksi hasil. Contohnya model jaringan saraf (Edward, 2002). Poin penting model komputasi diantaranya:

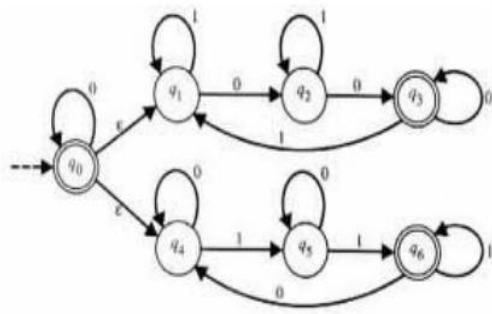
1. **Definisi:** model ini menetapkan aturan untuk memproses *input* menjadi *output*, seringkali melalui simulasi fenomena nyata.
2. **Komponen:** melibatkan algoritma, struktur data, dan aturan logika.
3. **Tujuan:** memahami batas komputasi (apa yang bisa/tidak bisa dihitung) dan merancang sistem yang efisien.

- 4. **Jenis-Jenis:** mencakup model logis, imperatif, dan fungsional.
- 5. **Aplikasi:** digunakan dalam simulasi ilmiah, kecerdasan buatan, peramalan cuaca, dan pemodelan biologis.

Beberapa model komputasi:

1. *Finite State Automata* (FSA), atau yang juga dikenal sebagai *Finite State Machine* (FSM), menempati posisi fundamental dalam kurikulum teknik informatika, terutama dalam studi teori bahasa formal. Secara teoritis, FSA diartikan sebagai abstraksi matematis yang merepresentasikan sistem dengan jumlah kondisi (*state*) yang terukur dan terbatas.

Implementasi praktisnya dapat ditemukan pada mekanisme kontrol input perangkat, seperti konsol permainan. Dalam skema tersebut, setiap penekanan tombol memicu transisi antar status yang spesifik, sehingga sistem dapat mengeksekusi aksi yang relevan sesuai dengan logika transisi yang telah didefinisikan (Trivusi, 2022).



**Gambar 2.1: Model FSA**

Sumber: Munir, 2026.

2. *Push Down Automata* (PDA)  
*Push Down Automata* (PDA) merupakan mesin otomata dari bahasa bebas konteks. PDA digambarkan sebagai tempat penyiapan yang tidak terbatas berisi *stack*/ tumpukan. *Stack* merupakan kumpulan dari elemen-elemen sejenis dengan sifat penambahan elemen dan pengambilan elemen melalui suatu tempat yang disebut *top of stack* (puncak *stack*).

Pengambilan elemen dari *stack* dinyatakan dengan operasi *pop*, sedangkan memasukkan elemen kedalam *stack* dengan posisi *push*. Aturan pengisian atau pengeluaran elemen *stack*, memakai sistem LIFO (*Last In First Out*). Pengambilan elemen dari *stack* dikenal dengan istilah *pop*, sedangkan memasukkan elemen ke dalam *stack* dikenal dengan istilah *push*. Berikut ilustrasi dari sebuah *stack*.

Top-stack- >
A
D
E

**Gambar 2.2: Stack**

Sumber: Diolah Penulis.

Pada ilustrasi Gambar 2.2 jika dilakukan operasi *pop*, maka kondisi *stack* menjadi seperti berikut:

Top-stack- >
D
E

**Gambar 2.3: Operasi Pop**

Sumber: Diolah Penulis.

Pada ilustrasi Gambar 2.3 jika dilakukan operasi *push* B, maka kondisi *stack* akan menjadi seperti berikut:

Top-stack- >
B
D
E

**Gambar 2.4: Operasi Push**

Sumber: Diolah Penulis.

## Daftar Pustaka

- Edward A. Lee. (2022). *sciencedirect.com*. Diakses 9 Maret 2026, dari <https://sciencedirect.com/topics/computer-science/model-of-computation>.
- [Kbbi.web.id](https://kbbi.web.id/komputasi). (2026). *Komputasi*. Diakses 9 Maret 2026, dari <https://kbbi.web.id/komputasi>.
- Labib, Fahdi. (2025). *Telkomuniversity.ac.id*. Diakses 10 Maret 2026, dari <https://telkomuniversity.ac.id/apa-itu-algoritma-pengertian-ciri-ciri-jenis-dan-contohnya-dalam-kehidupan-sehari-hari/>.
- Rezka, Salsabila Miftah. (2021). *Dqlab.id*. Diakses 10 Maret 2026, dari <https://dqlab.id/else-if-python-kenali-kondisi-fungsi-percabangan-python-if-else-if-dan-else>.
- Sitorus, L. (2015). *Algoritma dan Pemrograman*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- [Trivusi.web.id](https://www.trivusi.web.id/2022/08/finite-state-automata.html). (2022). Diakses 9 Maret 2026, dari <https://www.trivusi.web.id/2022/08/finite-state-automata.html>.

## PROFIL PENULIS




### **Euis Nur Fitriani Dewi, S.T., M.Kom.**

Penulis tertarik pada bidang Informatika saat memasuki jenjang Pendidikan SMA, yaitu di SMAN 1 Banjar. Setelah lulus dari SMA, penulis berkeinginan untuk menjadi guru TIK, namun hal itu diurungkan dan akhirnya penulis melanjutkan ke jenjang S1 pada tahun 2007 di Universitas Siliwangi di Kota Tasikmalaya. Lulus S1 kemudian bekerja di sebuah bank swasta, selama 1,5 tahun.

Setelah *resign* dari bank tersebut, penulis mengikuti seleksi beasiswa Pendidikan Profesi Guru (PPG) Pra Jabatan di Universitas Negeri Jakarta selama satu tahun (2013-2014).

Lulus PPG mengajar di satu SMK swasta dan satu SMK Negeri di Kota Tasikmalaya. Sembari mengajar di SMK, kemudian melanjutkan Pendidikan jenjang S2 di STMIK Likmi Bandung pada akhir 2016-2018. Pada akhir 2018, penulis mengikuti seleksi dosen tetap non PNS di Universitas Siliwangi Tasikmalaya dan Alhamdulillah lulus. Penulis *resign* dari SMK dan fokus menjadi Dosen di Universitas Siliwangi. Selang 3 tahun, penulis mengikuti seleksi Dosen CPNS dan lulus menjadi Dosen PNS Prodi Informatika pada tahun 2022. Tahun 2022 sampai sekarang aktif dalam kegiatan Tri Dharma.

Email Penulis: [euis.nurfitriani@unsil.ac.id](mailto:euis.nurfitriani@unsil.ac.id).



# **BAB 3**


# **SISTEM KOMPUTASI**

# **TERDISTRIBUSI DAN**

# **PARALEL**

---

**Ahmad Budi Trisnawan, S.T, M.Kom.**  
Universitas Mahakarya Asia, Jakarta



## Pengantar Sistem Komputasi Terdistribusi dan Paralel

Perkembangan teknologi informasi dalam dua dekade terakhir ditandai oleh pertumbuhan data yang sangat pesat, meningkatnya kompleksitas aplikasi, serta tuntutan kinerja komputasi yang semakin tinggi. Aplikasi modern, seperti kecerdasan buatan, analisis *big data*, simulasi ilmiah, *Internet of Things* (IoT), dan layanan berbasis *cloud* memerlukan kemampuan pemrosesan yang tidak lagi dapat dipenuhi secara efisien oleh satu unit komputer tunggal (Slam *et al.*, 2024). Kondisi ini mendorong lahirnya paradigma baru dalam dunia komputasi, yaitu sistem komputasi terdistribusi dan paralel.



**Gambar 3.1: Sistem Komputasi Terdistribusi dan Paralel**

Sumber: Diolah Penulis.

Secara tradisional, peningkatan kinerja komputer dicapai dengan meningkatkan kecepatan prosesor. Namun, keterbatasan fisik, seperti konsumsi daya, panas, dan batas frekuensi *clock* menyebabkan pendekatan ini tidak lagi efektif (Trisnawan, 2025d). Sebagai alternatif, produsen perangkat keras dan pengembang sistem beralih pada pendekatan pemrosesan secara bersamaan (*concurrent processing*), baik dengan memanfaatkan banyak inti prosesor dalam satu mesin maupun dengan menggabungkan banyak komputer yang saling terhubung melalui jaringan (Jayusman *et al.*, 2025).

Komputasi paralel berfokus pada pemanfaatan banyak unit pemroses yang bekerja secara simultan dalam satu sistem komputasi untuk menyelesaikan sebuah tugas (Simanjuntak *et al.*, 2026). Dengan membagi pekerjaan menjadi bagian-bagian kecil yang dapat

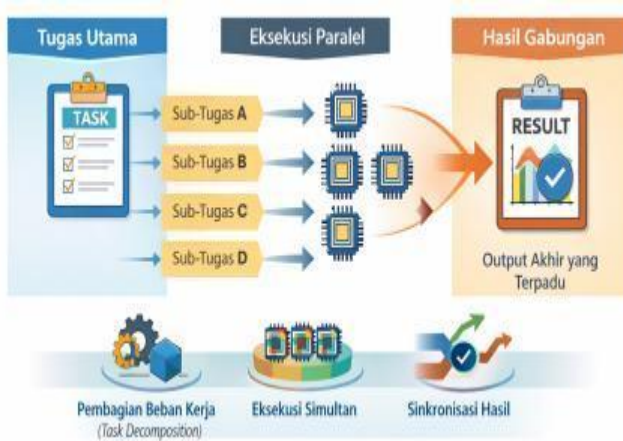
dieksekusi secara bersamaan, waktu pemrosesan dapat dipersingkat secara signifikan (Trisnawan, 2025a). Pendekatan ini banyak diterapkan pada arsitektur *multi-core processor*, GPU, dan sistem komputasi kinerja tinggi (*High Performance Computing*).

Di sisi lain, komputasi terdistribusi menekankan kerjasama sejumlah komputer yang berdiri secara independen namun terhubung melalui jaringan komunikasi (Suwanda *et al.*, 2025). Setiap komputer, yang disebut sebagai node, memiliki sumber daya sendiri dan berkontribusi dalam menyelesaikan tugas bersama. Sistem ini dirancang untuk mencapai skalabilitas tinggi, toleransi terhadap kegagalan, serta fleksibilitas dalam pengelolaan sumber daya, sehingga sangat cocok untuk aplikasi berskala besar dan lingkungan yang dinamis (Trisnawan, 2025c).

Meskipun memiliki tujuan yang sama, yaitu meningkatkan kinerja dan efisiensi komputasi, komputasi paralel dan terdistribusi memiliki pendekatan, arsitektur, serta tantangan yang berbeda (Bowo *et al.*, 2025). Pemahaman yang baik terhadap kedua konsep ini menjadi sangat penting bagi praktisi dan akademisi di bidang teknologi informasi, khususnya dalam merancang sistem yang efisien, andal, dan mampu menangani kebutuhan komputasi masa depan (Ahmad *et al.*, 2023). Oleh karena itu, bab ini akan membahas konsep dasar, arsitektur, perbedaan, teknologi pendukung, serta peran sistem komputasi terdistribusi dan paralel dalam berbagai aplikasi modern. Diharapkan pembahasan ini dapat memberikan landasan teoritis dan praktis yang kuat bagi pembaca dalam memahami dan menerapkan paradigma komputasi ini di dunia nyata.

## **Konsep Dasar Komputasi Paralel**

Komputasi paralel merupakan teknik pemrosesan dimana suatu permasalahan komputasi dibagi menjadi beberapa bagian kecil (sub-tugas) yang dapat dieksekusi secara bersamaan oleh lebih dari satu unit pemroses (Yulindawati *et al.*, 2023). Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan kecepatan komputasi, efisiensi penggunaan sumber daya, serta kemampuan sistem dalam menangani permasalahan berskala besar (Soleman *et al.*, 2024).



**Gambar 3.2: Konsep Dasar Komputasi Paralel**

Sumber: Diolah Penulis.

## 1. Motivasi Komputasi Paralel

Beberapa alasan utama penggunaan komputasi paralel, sebagai berikut:

- Keterbatasan kecepatan prosesor tunggal, yang tidak lagi meningkat secara signifikan karena kendala fisik.
- Pertumbuhan volume data yang membutuhkan pemrosesan cepat.
- Kebutuhan aplikasi modern, seperti kecerdasan buatan, simulasi ilmiah, dan pemrosesan citra.
- Efisiensi energi, dimana beberapa prosesor bekerja paralel lebih hemat dibandingkan satu prosesor berkecepatan sangat tinggi.

## 2. Prinsip Dasar Komputasi Paralel

Komputasi paralel didasarkan pada beberapa prinsip fundamental, sebagai berikut:

- Dekomposisi masalah bahwa permasalahan besar dipecah menjadi sub-masalah yang lebih kecil.
- Eksekusi serempak bahwa sub-masalah dijalankan secara simultan.
- Koordinasi dan sinkronisasi bahwa proses-proses harus dikoordinasikan agar menghasilkan *output* yang benar.

## Daftar Pustaka

- Ahmad, N., Widarti, E., Rahayu, T., Theresiawati, T., Lina, T. N., Wahyudi, W., Seta, H. B., Manuhutu, A., Ernawati, I., Hidayanto, S., & Wirawan, R. (2023). *Pengantar Ilmu Komputer (Dasar Teori Komputer Dan Teknologi Informasi Terkini)* (1st ed.). Widina Media Utama. [www.freepik.com](http://www.freepik.com).
- Al Huda, F., Sianturi, R. S., Tolle, H., & Bhagaskara, R. E. (2023). *Pengembangan Chatbot Untuk Keperluan Akademik (Studi Kasus: Fakultas Ilmu Komputer UB)*.
- Aliyah, A., Trisnawan, A. B., Suhartono, B., Isnaeni, N., Pramono, S. A., Simangunsong, J., Yunita, F., Irawati, N., Admira, T. M. A., Hidayat, R., Anugrah, R., & Pane, S. F. (2025). *Big Data: Konsep, Teknologi, dan Aplikasi* (1st ed.). PT. Faaslib Serambi Media. <https://faaslibsmmedia.com/>.
- Ashari, D., Ladaina, M. S., Program, T. H., Uin, P., & Palembang, R. F. (2024). Peran Big Data Dalam Pengambilan Keputusan Strategis Perusahaan. *EKOMAN: Jurnal Ekonomi, Bisnis, Dan Manajemen*, 2(3), 401–422.
- Bowo, I. T., Kurniawan, F. I., Rachman, A. N., Joosten, J., Mukhlis, I. R., Sutoyo, Muh. N., Yutanto, H., Marpaung, S. H., & Mandowen, S. A. (2025). *Buku Ajar Pengantar Ilmu Komputer (1st ed.)*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. [www.buku.sonpedia.com](http://www.buku.sonpedia.com).
- Darma, S., Wayahdi, M. R., Manesah, D., Aliyah, S., Trisnawan, A. B., Nugroho, A. S., Ruziq, F., Janwardi, T. I., Alfina, O., Gusty, R., Usmiati, U., Hardianto, H., & Lestari, S. (2025). *Multimedia Informasi: Konsep, Teknologi, dan Aplikasi* (A. M. Hawa, R. Hidayat, & F. A. Soelistianto, Eds.). PT. Syamilah Literasi Islami.
- Delsi Samsumar, L., Firdaus, M., Septiana Windyasari, V., Rachendu, S., Anwar, C., Asy Syifa Nurul Haq, F., Bakti, I., Arina Romli, N., Nurnaningsih, D., Budi Trisnawan, A., Yulianti, B., Halim Mursyidin, I., Wayahdi, M. R., Setiyani, H., Kuswoyo, D., & Kusmaningrum, A. (2025). *Sistem Informasi Manajemen: Strategi, Desain, dan Penerapan* (1st ed.). Hadla Media Informasi. [www.media.hadlacorp.com](http://www.media.hadlacorp.com).

- Desty Rodiah, Kanda Januar Miraswan, Junia Kurniati, Dellin Irawan, & Vanya Terra Ardiani. (2024). Pengembangan Representasi Pengetahuan Ontologi Domain Bidang Ilmu Informatika. *PROCESSOR: Jurnal Imiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi, Dan Sistem Komputer*, 19(2), 185–199. <https://doi.org/10.33998/processor.2024.19.2.1905>.
- Dewangga Andira Sulaeman, Ismah Nurul Sya'bani, M. Ashof Azria Azka, & Didik Aribowo. (2023). Ruang Lingkup Organisasi Dan Arsitektur Komputer. *Jurnal Elektronika Dan Teknik Informatika Terapan (JENTIK)*, 1(4), 164–177. <https://doi.org/10.59061/jentik.v1i4.519>.
- Dony Ariyus, Danny Manongga, & Irwan Sembiring. (2024). *Pengantar Sistem Rekomendasi: Teori dan Implementasi*.
- Emi Sita Eriana, & Afrizal Zein. (2023). *Artificial Intelligence (AI)*. CV. Eureka Media Aksara.
- Emi Susilowati, Pradhana Edi Kresnha, Aulia Syifa, Noviarum Widyasmara L, Amelia Tri Hapsari, Muhammad Faizal, Andri Nurhadi, Fernanda Awalia, Yudo Witni Prasetyo, & Yusup Hidayat Winata. (2020). *Pembelajaran Mesin: Teori dan Studi Kasus*. Canting Mas Anyar.
- Ernita Hayati, Putri Wulandari, & Irianto. (2024). Pengaruh Desain Arsitektur Komputer Terhadap Efisiensi Operasional dan Kinerja Sistem Terintegrasi. *JULIKOM: Jurnal Ilmu Komputer*, 1(1), 1–5.
- Everhard, J., & Wisjhnuadji, T. (2024). *Arsitektur Komputer*. Penerbit Deepublish Digital.
- Faridha, S., Yulianti, S., & Sugiarti, Y. (2024). Metode Perancangan User Interface yang Paling Umum Digunakan: Systematic Literature Review. *Bit-Tech: Binary Digital-Technology*, 7(1), 58–67. <https://doi.org/10.32877/bt.v7i1.1467>.
- Febrian, A., & Faisal, A. (2023). Pemanfaatan Big Data pada Instansi Pendidikan. *BIIKMA : Buletin Ilmiah Ilmu Komputer Dan Multimedia*, 1(1), 212–215. <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/biikma>.
- Febrianti, T., Irwan, M., & Nasution, P. (2024). Mengoptimalisasi

- Kinerja Basis Data di Perusahaan Multinasional. *Journal of Sharia Economics Scholar (JoSES)* 97 |, 2(2), 97–100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12608634>.
- Hasibuan, A., Kembuan, D. R. E., Rantung, V. P., & Tinambunan, M. H. (2024). *Buku Ajar Cloud Computing (1st ed.)*. Tahta Media Group.
- Huda, K., Al Abdoe, T., Sari, L. A., & Wantika, A. (2024). Studi Literatur Penerapan Konsep dan Peran Manajemen pada Organisasi. *Jaya Pangus Press Metta: Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 4(2), 80–91. <https://jayapanguspress.penerbit.org/index.php/metta>.
- I Wayan Sadwika, Ahmad Budi Trisnawan, Aniek Suryanti Kusuma, I Nyoman Cahyadi Wijaya, I Nengah Laba, Putu Sugiartawan, Gde Palguna Reganata, Made Dewi Wahyuni, Ni Kadek Winda Patrianingsih, I Gusti Ayu Rai Widowati, Ida Ayu Manik Partha Sutema, Irwan Effendi, Mira Setiana, Ni Kadek Surpi Arya Dharma, Ni Wayan Jemiwi Jero, & I Made Sukresna. (2025). *Produktif dengan AI: Transformasi Profesi di Indonesia*. Penerbit Yaguwipa.
- Insani, C. N., Israwan, LM. F., Asniar, A., Andriyani, W., Riyanto, E., Mansyur, A. M. I. H., Cakra, C., Budiwati, S. D., Hamsinar, H., Hasibuan, A., Tjondronegoro, N. N., Trisnawan, A. B., & Rimbawa, H. A. D. (2026). *AI & Data Science: Teori, Model, dan Praktik untuk Inovasi Digital (W. Yuliani, Ed.; 1st ed.)*. Lingkar Edukasi Indonesia.
- Irawan, I., Anubhakti, D., & Kusumawardhany, N. (2024). *Pengantar Teknologi Informasi*. Penerbit Deepublish Digital.
- Ismanto, E., Meidelfi, D., Sukma, F., Lubis, H., Inayah, I., Salma, T. D., Santoso, K. I., Arsyah, U. I., Natsir, F., & Izzatillah, M. (2026). *Deep Learning di Dunia Nyata: Dari Teori ke Inovasi (Y. Ramdhani & A. B. Trisnawan, Eds.; 1st ed.)*. Widina Media Utama. [www.freepik.com](http://www.freepik.com)
- Jayusman, Y., Hadikusumo, R. A., Anggoro, T., Trisnawan, A. B., Mulyana, D. I., Budiman, D. A., Kusjani, A., Alpiyasin, F., Widaretna, T., Oktavia, O., & Emalia, L. (2025). *Pengantar Teknologi Informasi (1st ed.)*. Langit Kata Publisher.
- Kamdan, Ivana Lucia Kharisma, & Hermanto. (2025). *Buku Ajar Organisasi dan Arsitektur Komputer*. Kaizen Media Publishing.

- Karim, A., Bangun, B., Kusmanto, K., Purnama, I., Harhap, S. Z., Irmayani, D., Nasution, M., Munandar, M. H., Rahmadhani, R., & Munthe, I. R. (2020). *Pengantar Teknologi Informasi* (1st ed.). Yayasan Labuhanbatu Berbagi Gemilang. <https://www.researchgate.net/publication/348805601>.
- Marsisno, W., Ria Uli Sitanggang, Y., Rizal Nursamsi, D., Hendrawan, S. A., Widiyaningsih, W., Aulia Rahmah, S., Jarudin, J., Widyastuti, R., Priyono, P., Putu Ode Juliantara. KW, P., Wardhani, D., & Sawitri, D. (2024). *Pengantar Ilmu Komputer (Pengantar Menuju Pemahaman Teknologi Digital)* (1st ed.). PT. Mifa Mandiri Digital.
- Miswadi, Ahmad Budi Trisnawan, Muhaimin Hasanudin, Tuti Handayani, Chairul Anwar, Imam Zaenuddin, M. Rhifky Wayahdi, Dedy Alamsyah, Rhmat Hartono, Eka Prasetya Adhy Sugara, Fahmi Ruziq, Prayogo, Arif Riyandi, A. Taqwa Martadinata, & Suwandono. (2025). *Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak: Prinsip, Praktik, dan Teknologi Modern* (1st ed.). Hadla Media Informasi.
- Muis, A., Syafwan, H., Arfianto, A. Z., Simanjuntak, M. S., Riyandi, A., Trisnawan, A. B., Ramdhan, W., Triana, H., Saputra, M. H., Handoko, W., Naswin, A., & Suhadi, S. (2025). *Data Mining: Konsep, Metode, dan Aplikasi* (1st ed.). Faaslib Serambi Media. <https://faaslibsmmedia.com/>.
- Nanda Jarti, & Ellbert Hutabri. (2022). *Arsitektur dan Organisasi Komputer* (1st ed.). CV. Eureka Media Aksara.
- Natafati Ziliwu, I. (2025). Analisis Hierarki Memori pada Organisasi Arsitektur Komputer. *IDENTIK: Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan, Dan Teknik*, 02(01), 166–174.
- Nila Rusiardi Jayanti, Julizal, Fauzan Natsir, Akhmad Aris Tantowi, Surya Afnarius, Heri Satria Setiawan, Mizanul Ahkam, Arie Surachman, Achmad Birowo, Sawali Wahyu, Abdurahman, Ramadhani Ulansari, Andy Hermawan, & Hanasa Shelviani. (2024). *Arsitektur dan Organisasi Komputer* (1st ed.). CV. Eureka Media Aksara.
- Nugroho, A. Y., Wijaksono, B. A., Andaria, A. C., Rahman, A., Widiyanto, E. P., Abadi, S. C., Trisnawan, A. B., Hermanto, D., & Nurhadi, N.

- (2025). *Praktis Microcontroller dan Internet of Things (IoT) (1st ed.)*. PT. Hadla Media Informasi. [www.media.hadlacorp.com](http://www.media.hadlacorp.com).
- Parrangan, J., Mappanyompa, M., Trisnawan, A. B., Dongka, R. H., Kadir, Y., Wiranto, I., Fikri, M. A., Syamsuddin, S., Priyangan, D. M., Imandeka, E., & Putra Iqbal Kurniawan Asmar. (2026). *Pengantar Artificial Intelligence (AI) (1st ed.)*. CV. Edu Akademi.
- Purwiantoro, Moch. H. (2024). *Pengantar Teknologi Informasi (1st ed.)*. Penerbit Widina Media Utama. [www.freepik.com](http://www.freepik.com).
- Rahajeng, E., Wahyudin, M. I., Tamriesfatno, S., Trisnawan, A. B., Mulyana, Y., Prayudani, S., & Martani, A. (2025). *Informatika Untuk Pemula: Panduan Menuju Era Teknologi (1st ed.)*. PT. Sister Books Press. <https://sisterpress.id/>.
- Raharjo, B. (2022). *Deep Learning Dengan Python*. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Rizka, A. (2022). *Buku Ajar Organisasi & Arsitektur Komputer (1st ed.)*. Tahta Media Group.
- Rusito. (2021). *Teknologi Internet, Dasar Internet, Internet of Thing(IoT) dan Bahasa HTML*. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Ruziq, F., Aliyah, A., Trisnawan, A. B., Alajuri, M. H. S., Resita, E., Suhartono, B., Pertiwi, M., Saputra, M. H., Dristyan, F., Betty Yel, M., & Harani, N. H. (2026). *Organisasi dan Arsitektur Komputer (1st ed.)*. PT. Faaslib Serambi Media. <https://faaslibsmedia.com/>.
- Safitri, I., & Firdaus, R. (2024). Mengoptimalkan Sistem Informasi Manajemen dalam Konteks Transformasi Organisasi. *JICN: Jurnal Intelek Dan Cendekiawan Nusantara*, 1(3), 4310–4315. <https://jicnusantara.com/index.php/jicn>.
- Santoso, J. (2023). *Komputasi Awan (Cloud Computing)*. Yayasan Prima Agus Tekenik.
- Santoso, J. T. (2020). *Analisis Big Data*. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Saptadi, N. T. S., Kristiawan, H., Nugroho, A. Y., Rahayu, N., Suwarmiyati, S., Waseso, B., Intan, I., Khairunnas, K., Martono, M., Saputra, P. Y., Sutriawan, S., Soekarman, S., Mahatma, K., Yunianto, I., Soleh, O., Sutoyo, Muh. N., Siswoyo, B., & Aliyah, A. (2025). *Deep*

- Learning: Teori, Algoritma, dan Aplikasi*. Sada Kurnia Pustaka.
- Simanjuntak, P., Diponegoro, M., Novitaningrum, D., Priyangan, D. M., Sa'uda, S., Yulianingsih, E., Wiranto, I., Hartanto, S., Trisnawan, A. B., Siahaan, R. D., Fikriyah, M., & Misnawati, D. (2026). *Computational Thinking (1st ed.)*. CV. Edu Akademi.
- Singgih Subiyantoro. (2024). *Buku Ajar Artificial Intelligence (1st ed.)*. Penerbit Underline.
- Slam, B. E., Herikson, R., Pane, S. F., Dristyan, F., Trisnawan, A. B., Simanjuntak, P. J. N., Hidayat, R., Sasvito, N., Habibi, R., Ulfiah, U., Lutfi, A. A., Husien, R. A. A., & Riza, F. (2024). *Internet of Things (IoT): Konsep, Teknologi, dan Aplikasi (1st ed.)*. PT. Faaslib Serambi Media. <https://faaslibsmidia.com/>.
- Soleman, P., Dwi Retnoningsih, M., Arnes Yuli Vandika, M., & Fuadi, A. (2024). *Inovasi Terbaru Dalam Rekayasa Perangkat Lunak Ilmu Komputer*. Mutiara Intelektual Indonesia. [www.MII-Press.com](http://www.MII-Press.com).
- Susilawati, T., & Trisnawan, A. B. (2025). Pemanfaatan Machine Learning Untuk Peningkatan Akurasi Sistem Pendukung Keputusan Prediktif. *Jurnal Unitek*, 18(2), 303–312.
- Suwanda, R., Nugroho, A. Y., Candra, D. G. A., Rustiyana, R., Fitriyanto, I., Prapcoyo, H., Pasinggi, E. S., Jinan, A., Putra, K. O., Ritonga, R. D., Khusna, T. N., Muis, A., Bahri, S., Trisnawan, A. B., & Habibullah, R. (2025). *Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi: Pengenalan Untuk Pemula (1st ed.)*. CV. MMFast Publishing. <http://mmfast.id/>.
- Syarif Hartawan, M., Rosyida, S., Hamid, A., Dari, W., & Syah Putra, A. (2022). *Big Data (Informasi dan Kasus) (1st ed.)*. Tim Kun Fayakun.
- Trisnawan, A. B. (2025a). Analisis Efektivitas Algoritma Komputasi pada Sistem Pendukung Keputusan. *Telcomatics*, 10(1), 82–85. <https://doi.org/10.37253/telcomatics.v10i1.11022>.
- Trisnawan, A. B. (2025b). Integrasi Big Data dan Sistem Informatika Manufaktur dalam Prediksi Permintaan Produksi. *Journal of Industrial Engineering Tridinanti*, 3(1), 6–10. <http://jietri.univ-tridinanti.ac.id>.
- Trisnawan, A. B. (2025c). Pemanfaatan Big Data dalam Sistem

- Informasi Untuk Pengambilan Keputusan Strategis. *JISED: Journal of Information System and Education Development*, 3(3), 39–43.
- Trisnawan, A. B. (2025d). Pengaruh Sinergi Ilmu Komputer dan Kecerdasan Buatan Untuk Optimalisasi Proses Bisnis Digital. *JUTEK: Jurnal Teknologi*, 2(1), 8–13. <https://e-journalbattuta.ac.id/index.php/jutek>.
- Trisnawan, A. B., Sholikhan, M., & Koerniawan, I. (2026). Analyzing the Role of Enterprise Information Systems in Driving Organizational Innovation: A Multi Method Study. *Information System Analysis, Design and Development*, 1(1), 41–50. <https://journal.apjikom.or.id/index.php/ISADD>.
- Tuti Handayani, Intan Murniasih, Lukman Medriavin Silalahi, Soma Setiawan Ponco Nugroho, Agung Yuliyanto Nugroho, Chairul Anwar, Imam Halim Mursyidin, Asep Sumantri, Devit Setiono, Budi Berlinton Sitorus, Ahmad Budi Trisnawan, Doni Prastyo, El Vionna Laellyn Nurul Fatch, Imam Zaenuddin, M. Rhifky Wayahdi, Rismen Sinambela, Prima Yustitia Nurul Islami, & Bekti Yulianti. (2025). *Pengantar Sistem Informasi: Konsep, Teknologi, dan Implementasi* (1st ed.). Hadla Media Informasi. [www.media.hadlacorp.com](http://www.media.hadlacorp.com).
- Vikasari, C., Suryani, S., Zein, M. T. A. A., Faizal, F., Trisnawan, A. B., Budiman, D. A., Apriyanti, L., Rahayu, M. I., Ibrahim, R. N., Utami, F. H., & Nugraha, M. F. (2025). *Rekayasa Perangkat Lunak* (1st ed.). CV. Langit Kata Publisher.
- Wydyanto, W. (2025). *Cloud Computing*. Asosiasi Doktor Sistem Informasi Indonesia.
- Yulindawati, Y., Rachman, A., Afiyadi, H., Putra, R. F., Herlinah, H., Sutariyani, S., Legito, L., Moeis, D., Setiawan, A., Sulistyowati, S., Adhichandra, I., Ramadhan, S., & Humam, M. (2023). *Pengantar Ilmu Komputer (Pengenalannya Dasar Komputer dan Teknologi Informasi Terkini)* (1st ed.). PT. Sompedia Publishing Indonesia. [www.sonpedia.com](http://www.sonpedia.com).
- Yuniana Cahyaningrum, Yulifda Elin Yuspita, Diana, Asrul Sani, Yudo Devianto, Ragel Trisudarmo, I Kadek Arya Sugianta, Heru Budianto, Noni Rahmawati, Meidar Hadi Avizenna, Novi Aryani Fitri,

Darmawan Aditama, Miftahul Jannah, & Yutika Amelia Effendi. (2023). *Arsitektur dan Organisasi Komputer (1st ed.)*. PT. Penamuda Media.

Zahwa, S., Dhina Amelia, N., Nafila, R., Putri, R. A., & Pujiono, P. (2025). Perbandingan Efisiensi Memori dan Waktu Komputasi pada Algoritma Rekursif dan Iteratif dalam Operasi Pengurutan di C++. *Jurnal Restikom: Riset Teknik Informatika Dan Komputer*, 7(1), 123–136. <https://restikom.nusaputra.ac.id>.

## PROFIL PENULIS




### **Ahmad Budi Trisnawan, S.T., M.Kom.**

Ketertarikan penulis terhadap ilmu komputer dimulai pada tahun 2010 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 2 Kota Tangerang dan berhasil lulus pada tahun 2010. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S1 pada prodi Teknik Informatika Universitas Satya Negara Indonesia pada tahun 2014. Lima tahun kemudian, penulis menyelesaikan studi S2 pada Prodi Ilmu Komputer Program Pasca Sarjana Universitas Budi Luhur.

Penulis memiliki dua (2) buah hati yakni Ardanu Fatih Trisnawan dan Bahira Freya Trisnawan dari pasangan Budi Lestiarini, S.E. Penulis memiliki kepakaran dibidang Sistem Informasi, *Data Mining*, dan *Big Data*. Guna mewujudkan karir sebagai dosen profesional, penulis pun aktif sebagai peneliti di bidang kepakarannya tersebut. Selain peneliti, penulis juga aktif menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara yang sangat tercinta ini.

Email Penulis: [abudit75@gmail.com](mailto:abudit75@gmail.com).



# **BAB 4**

# **JARINGAN KOMPUTER**

# **DAN PROTOKOL**

# **KOMUNIKASI DATA**

---

**Sean C. Sumarta, S.T., M.Eng.**  
Universitas Atma Jaya Makassar



## Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah fondasi dari hampir seluruh aktivitas digital modern, mulai dari membuka halaman web, mengirim email, mengakses cloud, sampai menjalankan aplikasi perkuliahan daring. Untuk memahami bagaimana semua itu bekerja, mahasiswa baru perlu mengenal dua hal pokok: jaringan komputer sebagai sistem penghubung antar *device*, dan protokol komunikasi data sebagai aturan yang membuat pertukaran data dapat berlangsung tertib, konsisten, dan interoperabel.

Model OSI (*Open Systems Interconnection*) sangat penting dipelajari karena memberi kerangka konseptual tujuh lapis yang memudahkan pemahaman fungsi jaringan secara sistematis, walaupun implementasi internet modern tidak selalu mengikuti pembagian OSI secara kaku. Menurut Tanenbaum dan Wetherall, jaringan komputer dapat dipahami sebagai kumpulan komputer otonom yang saling terhubung melalui suatu teknologi komunikasi, dan dua komputer dianggap terhubung apabila keduanya dapat saling bertukar informasi. Penekanan definisi ini terletak pada dua unsur utama, yaitu kemandirian tiap komputer dan kemampuan pertukaran informasi.

Dalam perspektif Forouzan, jaringan dipahami sebagai sekumpulan perangkat atau *node* yang dihubungkan oleh media komunikasi. Node tersebut tidak selalu hanya komputer, tetapi juga dapat berupa *printer*, perangkat *mobile*, atau perangkat jaringan lain yang mampu mengirim dan menerima data. Definisi ini menekankan bahwa jaringan bukan hanya relasi antar komputer, melainkan ekosistem perangkat yang saling terkoneksi.

Sementara itu, Kurose dan Ross memandang internet sebagai *network of networks*, yaitu jaringan besar yang terbentuk dari interkoneksi banyak jaringan yang lebih kecil. Mereka juga menekankan bahwa infrastruktur internet tersusun atas *end systems*, *packet switches*, dan *communication links*. Pandangan ini membantu mahasiswa memahami bahwa jaringan komputer tidak berhenti pada level LAN, tetapi dapat berkembang menjadi sistem komunikasi global yang saling terhubung.

Berdasarkan tiga pandangan tersebut, jaringan komputer dapat disimpulkan sebagai sekumpulan perangkat yang saling terhubung melalui media komunikasi untuk bertukar data, berbagi sumber daya, dan menjalankan layanan secara bersama-sama, baik dalam skala kecil maupun dalam bentuk jaringan-jaringan besar yang saling terhubung.

### **Model OSI (*Open System Interconnection*)**

OSI *Layer* atau OSI Model (*Open Systems Interconnection*) adalah model referensi konseptual yang membagi proses komunikasi jaringan menjadi 7 lapisan. Tujuannya adalah supaya perangkat, aplikasi, dan sistem dari vendor yang berbeda bisa saling berkomunikasi dengan kerangka yang sama.

Penting juga dipahami: OSI adalah model acuan untuk memahami fungsi jaringan, bukan spesifikasi implementasi yang harus diikuti persis oleh semua jaringan nyata. OSI lahir karena sistem jaringan awal yang saling tidak kompatibel. ISO membuat model ini untuk memberi bahasa bersama bagi pengembang, *vendor*, dan insinyur jaringan saat merancang komunikasi data. Standar dasarnya terbit sebagai ISO 7498 pada 1984, lalu direvisi menjadi ISO/IEC 7498-1:1994; ISO juga menegaskan bahwa model ini memberi common basis untuk koordinasi pengembangan standar sistem interkoneksi dan bukan spesifikasi implementasi langsung.

Sejarah OSI *Layer* bermula pada akhir 1970-an ketika dunia komputer menghadapi masalah besar berupa banyaknya sistem jaringan dari berbagai *vendor* yang sulit saling terhubung. Untuk mengatasi ketidakcocokan tersebut, *International Organization for Standardization* (ISO) mengembangkan *Open Systems Interconnection* (OSI) sebagai model referensi yang dapat menjadi bahasa bersama dalam merancang komunikasi data antar sistem terbuka.

Model ini kemudian dibakukan sebagai ISO 7498 pada Oktober 1984, dengan tujuan menyediakan kerangka umum bagi pengembangan standar interkoneksi, bukan sebagai spesifikasi implementasi teknis yang harus dipakai secara kaku. Dalam perkembangannya, OSI *Layer* dikenal luas karena menyederhanakan proses komunikasi jaringan ke dalam tujuh lapisan, sehingga para pengembang, *vendor*, dan akademisi dapat memahami fungsi jaringan secara lebih terstruktur.

Meskipun pada praktiknya internet modern lebih banyak berkembang dengan model TCP/IP, OSI tetap menjadi rujukan penting dalam pendidikan dan analisis jaringan karena mampu menjelaskan peran tiap lapisan komunikasi secara sistematis. Standar ini kemudian diperbarui dalam ISO/IEC 7498-1:1994, yang menegaskan kembali posisi OSI sebagai model referensi dasar untuk koordinasi pengembangan standar jaringan. Adapun *layer-layer* dalam Model OSI Adalah sebagai berikut:

### **1. Layer 7-Layer Aplikasi (*Application Layer*)**

Lapisan aplikasi adalah lapisan yang paling dekat dengan pengguna. Pada lapisan ini, aplikasi memperoleh layanan jaringan untuk berkomunikasi. Protokol yang umum ditempatkan pada layer ini antara lain HTTP untuk layanan web, SMTP untuk pengiriman email, DNS untuk pemetaan nama domain ke alamat jaringan, dan FTP untuk transfer *file*. Dengan kata lain, *layer* ini menjadi titik awal interaksi antara *software* pengguna dengan jaringan.

### **2. Layer 6-Layer Presentasi (*Presentation Layer*)**

Lapisan presentasi bertugas mengubah format data agar dapat dipahami oleh sistem yang berbeda. Fungsi utamanya meliputi *translation*, *compression*, dan *encryption/decryption*. Contoh yang sering dikaitkan dengan layer ini adalah TLS/SSL untuk pengamanan data, serta format/standar representasi seperti JPEG untuk citra dan MPEG untuk video. Pada tahap ini, data disiapkan agar dapat dikirim dalam bentuk yang konsisten dan aman.

### **3. Layer 5-Layer Sesi (*Session Layer*)**

Lapisan sesi bertanggung jawab untuk membangun, mengelola, menyinkronkan, dan mengakhiri sesi komunikasi antara dua sistem. Fungsi ini termasuk pengaturan checkpoint atau titik sinkronisasi ketika komunikasi panjang berlangsung. Dalam praktik internet modern, fungsi layer sesi sering kali tidak berdiri sendiri karena banyak digabung ke lapisan aplikasi atau *transport*. Namun, protokol atau layanan yang sering diasosiasikan dengan layer ini dalam pembelajaran adalah NetBIOS *Session Service* dan RPC (*Remote Procedure Call*) presentasi bertugas mengubah format data agar dapat dipahami oleh sistem yang berbeda.

## Daftar Pustaka

- Barnes, R., Thomson, M., Pironti, A., & Langley, A. (2015, June). Deprecating Secure Sockets Layer Version 3.0 (RFC 7568). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC7568>.
- Conta, A., Deering, S., & Gupta, M. (2006, March). Internet Control Message Protocol (ICMPv6) For The Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification (RFC 4443). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC4443>.
- Deering, S., & Hinden, R. (2017, July). Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification (RFC 8200). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC8200>.
- Eddy, W. (Ed.). (2022, August). Transmission Control Protocol (TCP) (RFC 9293). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC9293>.
- Fielding, R. T., Nottingham, M., & Reschke, J. (2022, June). HTTP Semantics (RFC 9110). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC9110>.
- Forouzan, B. A. (2012). *Data Communications And Networking (5th ed.)*. McGraw-Hill.
- Freier, A. O., Karlton, P., & Kocher, P. C. (2011, August). The Secure Sockets Layer (SSL) Protocol Version 3.0 (RFC 6101). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC6101>.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2022). *IEEE Standard For Ethernet (IEEE Std 802.3-2022)*. <https://standards.ieee.org/ieee/802.3/10422/>.
- International Organization for Standardization. (1994). *Information Technology Digital Compression And Coding of Continuous-Tone Still Images: Requirements And Guidelines (ISO/IEC 10918-1:1994)*. <https://www.iso.org/standard/18902.html>.
- International Organization for Standardization. (1994). *Information Technology Open Systems interconnection Basic Reference Model: The Basic Model (ISO/IEC 7498-1:1994)*. <https://www.iso.org/standard/20269.html>.
- Klensin, J. (2008, October). Simple Mail Transfer Protocol (RFC 5321).

- RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC5321>.
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2016). *Computer Networking: A Top-Down Approach (7th ed.)*. Pearson.
- Mockapetris, P. V. (1987, November). Domain Names Concepts And Facilities (RFC 1034). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC1034>.
- Moving Picture Experts Group. (n.d.). *Standards*. <https://www.mpeg.org/standards/>.
- Myklebust, T., & Lever, C. (2022, September). Towards Remote Procedure Call Encryption By Default (RFC 9289). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC9289>.
- Protocol Standard For A NetBIOS Service On A TCP/UDP Transport: Concepts And Methods. (1987, March). (RFC 1001). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC1001>.
- Plummer, D. (1982, November). An Ethernet Address Resolution Protocol: Or Converting Network Protocol Addresses To 48.bit Ethernet Address For Transmission On Ethernet Hardware (RFC 826). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC0826>.
- Postel, J. (1980, August). User Datagram Protocol (RFC 768). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC0768>.
- Postel, J. (1981, September). Internet Control Message Protocol (RFC 792). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC0792>.
- Postel, J. (1981, September). Internet Protocol (RFC 791). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC0791>.
- Postel, J., & Reynolds, J. (1985, October). File Transfer Protocol (RFC 959). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC0959>.
- Rescorla, E. (2018, August). The transport layer security (TLS) Protocol version 1.3 (RFC 8446). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC8446>.
- Simpson, W. A. (1994, July). The Point-To-Point Protocol (PPP) (RFC 1661). *RFC Editor*. <https://doi.org/10.17487/RFC1661>.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2010). *Computer Networks (5th*

*ed.*). Pearson.

Thurlow, R. (2009, May). Remote Procedure Call Protocol Specification Version 2 (RFC 5531). *RFC Editor*.  
<https://doi.org/10.17487/RFC5531>.


## PROFIL PENULIS



### **Sean C. Sumarta, S.T., M.Eng.**

Lahir di Poso 07 Mei 1982, Menyelesaikan pendidikan menengah di SMA Negeri 1 Poso Tahun 2000. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi S1 di Universitas Atma Jaya Makassar program studi Teknik Elektro Tahun 2001. Kemudian pada tahun 2012, S2 di Universitas Gadjah Mada pada Program Magister Teknologi Informasi. Penulis adalah Dosen Tetap di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Atma Jaya Makassar. Buku ini dapat dijadikan sebagai bahan pembelajaran dasar dalam bidang jaringan komputer dan internet.

Email Penulis: [sean.c.sumarta@lecturer.uajm.ac.id](mailto:sean.c.sumarta@lecturer.uajm.ac.id).



# **BAB 5**

# **KEAMANAN**

# **INFORMASI DAN**

# **KEAMANAN SIBER**

---

**Aland Polma, S.Kom., M.Kom.**  
Universitas Prima Indonesia



## Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam beberapa dekade terakhir telah mengubah secara fundamental cara organisasi, institusi pendidikan, pemerintah, serta masyarakat dalam mengelola informasi. Transformasi digital mendorong adopsi sistem berbasis jaringan, komputasi awan, aplikasi mobile, serta integrasi data secara real-time dalam berbagai sektor kehidupan. Informasi yang sebelumnya disimpan secara manual kini beralih menjadi data digital yang tersimpan dalam sistem komputer dan terhubung melalui internet secara global.

Digitalisasi memberikan berbagai manfaat strategis, seperti peningkatan efisiensi operasional, percepatan pengambilan keputusan berbasis data, serta kemudahan kolaborasi lintas wilayah. Organisasi modern sangat bergantung pada sistem informasi untuk menjalankan aktivitas inti, mulai dari pengelolaan administrasi, keuangan, sumber daya manusia, hingga layanan publik dan pendidikan. Dalam konteks ini, informasi tidak lagi dipandang sebagai sekadar data pendukung, melainkan sebagai aset strategis yang memiliki nilai ekonomi, operasional, dan reputasi.

Namun, meningkatnya ketergantungan terhadap sistem digital juga memperbesar risiko keamanan. Infrastruktur yang saling terhubung membuka peluang terjadinya berbagai ancaman siber seperti *malware*, *ransomware*, *phishing*, pencurian identitas, dan peretasan sistem. Kompleksitas ancaman ini menunjukkan bahwa keamanan informasi menjadi tantangan utama dalam era *digital modern* (Craig, Diakun-Thibault and Purse, 2014). Secara konseptual, keamanan informasi berlandaskan pada tiga prinsip utama yang dikenal sebagai *confidentiality*, *integrity*, dan *availability* (CIA).

Kerahasiaan memastikan bahwa informasi hanya dapat diakses oleh pihak yang berwenang, integritas menjamin bahwa data tidak diubah secara tidak sah, sedangkan ketersediaan memastikan bahwa informasi dapat diakses saat dibutuhkan. Prinsip-prinsip ini menjadi dasar dalam perancangan kebijakan dan kontrol keamanan pada berbagai organisasi. Seiring meningkatnya kompleksitas infrastruktur

teknologi, konsep keamanan informasi berkembang menjadi keamanan siber (*cybersecurity*) yang memiliki cakupan lebih luas, meliputi perlindungan jaringan, sistem komputer, aplikasi, serta layanan *digital* dari ancaman berbasis teknologi.

Perkembangan ini menunjukkan adanya pergeseran pendekatan dari sekadar perlindungan data menuju pengelolaan risiko *digital* secara menyeluruh dan berkelanjutan (Von Solms and Van Niekerk, 2013). Untuk mendukung pengelolaan keamanan secara sistematis, berbagai standar dan kerangka kerja internasional telah dikembangkan. Standar ISO/IEC 27001 menekankan pentingnya penerapan sistem manajemen keamanan informasi berbasis risiko yang mencakup identifikasi aset, analisis ancaman, penerapan kontrol, serta evaluasi berkelanjutan (*International Organization for Standardization*, 2018).

Selain itu, kerangka kerja yang dikembangkan oleh *National Institute of Standards and Technology* (NIST) menggarisbawahi pentingnya lima fungsi utama dalam keamanan siber, yaitu *identify, protect, detect, respond, dan recover* sebagai siklus pengelolaan keamanan yang komprehensif (*National Institute of Standards and Technology*, 2018). Dalam lingkungan pendidikan, kebutuhan terhadap keamanan informasi semakin meningkat. Sekolah dan perguruan tinggi saat ini mengelola sistem informasi akademik, *platform* pembelajaran daring, serta basis data administratif yang menyimpan informasi sensitif seperti identitas siswa, nilai akademik, dan data keuangan. Tanpa kebijakan dan prosedur keamanan yang memadai, institusi pendidikan berpotensi mengalami kebocoran data atau gangguan sistem yang dapat merugikan berbagai pihak.

Selain aspek teknologi dan kebijakan, faktor manusia juga menjadi elemen penting dalam keamanan informasi. Banyak insiden keamanan terjadi akibat kesalahan pengguna, rendahnya kesadaran keamanan digital, penggunaan kata sandi yang lemah, atau praktik berbagi akses yang tidak aman. Oleh karena itu, implementasi keamanan informasi modern harus mengintegrasikan kontrol teknis, kebijakan organisasi, serta program edukasi dan peningkatan kesadaran pengguna (McCormac *et al.*, 2017).

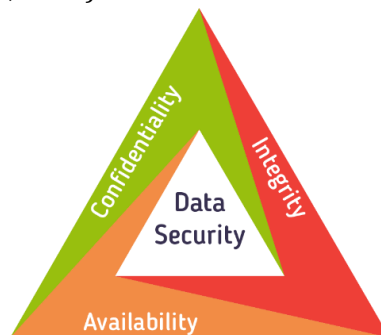
Berdasarkan latar belakang tersebut, pemahaman mengenai konsep keamanan informasi dan keamanan siber menjadi sangat penting bagi mahasiswa, praktisi teknologi informasi, maupun pengelola sistem organisasi. Bab ini bertujuan untuk membahas konsep dasar keamanan informasi, prinsip perlindungan data, jenis ancaman digital, serta strategi implementasi keamanan siber dalam berbagai lingkungan organisasi. Dengan pemahaman yang komprehensif, diharapkan pembaca mampu menerapkan praktik keamanan informasi yang tepat dalam pengelolaan sistem digital modern.

## Konsep Dasar Keamanan Informasi

Keamanan informasi adalah praktik melindungi informasi dari akses yang tidak sah, penggunaan yang tidak sesuai, perubahan tanpa izin, maupun penghancuran data. Tujuan utamanya adalah menjaga keandalan informasi sepanjang siklus hidupnya, mulai dari penciptaan hingga penghapusan. Dalam kajian keamanan modern, perlindungan informasi tidak hanya berlaku pada data digital, tetapi juga dokumen fisik, komunikasi organisasi, serta proses bisnis yang melibatkan pertukaran informasi.

### 1. Prinsip CIA

Keamanan informasi umumnya didasarkan pada tiga prinsip utama yang dikenal sebagai CIA Triad, yaitu *confidentiality*, *integrity*, dan *availability* (Bishop, 2019).



**Gambar 5.1: CIA Triad**  
Sumber: <https://devopedia.org/>.

## Daftar Pustaka

- Craigen, D., Diakun-Thibault, N. And Purse, R. (2014). Defining Cybersecurity, *Technology Innovation Management Review*, 4(10), pp. 13–21. Available at: <https://doi.org/10.22215/timreview835>.
- Von Solms, R. And Van Niekerk, J. (2013). From Information Security To Cyber Security, *Computers And Security*, 38, pp. 97–102. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2013.04.004>.

## PROFIL PENULIS




### **Aland Polma, S.Kom., M.Kom.**

Penulis menempuh pendidikan menengah di SMA Negeri 7 Kota Pekanbaru dengan memilih Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan berhasil lulus pada tahun 2008. Setelah menyelesaikan pendidikan menengah, penulis melanjutkan studi ke jenjang perguruan tinggi pada Program Studi Teknik Informatika di STMIK Amik Riau, yang kini menjadi Universitas Sains dan Teknologi Indonesia. Pendidikan Strata Satu (S1) tersebut berhasil diselesaikan pada tahun 2015. Seiring dengan berkembangnya minat dan kebutuhan pengembangan kompetensi akademik, pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Strata Dua (S2) pada Program Pascasarjana Teknik Informatika di Universitas Putra Indonesia YPTK Padang.

Fokus studi penulis berada pada bidang Teknologi Informasi yang mana fokus dari penulis adalah bidang *Networking* dan Keamanan Komputer, yang menjadi landasan utama dalam kegiatan akademik maupun profesional. Saat ini, penulis aktif sebagai dosen sekaligus terlibat dalam pengelolaan program studi sebagai Ketua Program Studi Sistem Informasi di Universitas Prima Indonesia PSDKU Kampus Pekanbaru. Selain menjalankan tugas pengajaran, penulis juga berperan dalam pengembangan kurikulum, pelaksanaan penelitian, publikasi ilmiah, serta berbagai kegiatan akademik lainnya yang berorientasi pada penguatan bidang sistem informasi dan peningkatan kualitas pendidikan tinggi.

Email Penulis: [aland.polma@gmail.com](mailto:aland.polma@gmail.com).



**BAB 6**

**SISTEM BASIS DATA**

**SERTA PENGELOLAAN**

**BIG DATA**

---

**Hendrik Fery Herdiytmoko, S.T., M.Eng.**  
Universitas Katolik Musi Charitas Palembang



## **Pendahuluan**

Manajemen data telah mengalami evolusi fundamental dari sekadar fungsi aplikasi komputer yang terspesialisasi menjadi komponen paling sentral dan strategis dalam lingkungan komputasi modern. Pada era ekonomi digital saat ini, kemampuan sebuah entitas organisasi untuk menyimpan, mengelola, menyintesis, dan menganalisis informasi berskala masif menentukan tingkat kelangsungan hidup serta keunggulan kompetitifnya di pasar global.

Perkembangan eksponensial dalam hal volume, kecepatan pergerakan, dan variasi format data telah memaksa terjadinya pergeseran paradigma komputasi. Lanskap teknologi kini bergerak dari sistem basis data relasional tradisional yang monolitik menuju ekosistem pengelolaan data berskala besar yang terdistribusi, sangat skalabel, dan tangguh terhadap kegagalan perangkat keras.

Analisis komprehensif ini menyajikan eksplorasi mendalam mengenai evolusi tersebut, yang dirancang sebagai substansi akademik dan profesional untuk merangkum landasan teoritis sistem penyimpanan informasi, metodologi implementasi praktis di tingkat arsitektur rekayasa perangkat lunak, hingga penerapan nyatanya dalam berbagai sektor industri vertikal.

## **Landasan Teoritis Sistem Basis Data Tradisional**

Sistem Manajemen Basis Data Relasional (RDBMS) telah diakui sebagai standar emas dalam pemrosesan transaksi elektronik selama lebih dari empat dekade terakhir. Memahami landasan teoritis yang menopang sistem ini merupakan prasyarat mutlak yang tidak dapat dihindari sebelum merancang arsitektur data berskala perusahaan yang lebih kompleks. RDBMS lahir dari kebutuhan untuk memberikan struktur logis pada penyimpanan data, memisahkan lapisan aplikasi dari lapisan fisik disk penyimpanan.

### **1. Arsitektur Model Relasional dan Integritas Struktural**

Model relasional, yang pertama kali diformulasikan berdasarkan prinsip-prinsip ketat dalam aljabar dan kalkulus relasional, menyajikan data dalam bentuk tabel dua dimensi yang disebut relasi. Setiap relasi terdiri dari deretan baris yang dikenal sebagai *tuple* dan kolom yang diistilahkan sebagai atribut.

Secara teoritis, setiap atribut di dalam model ini diwajibkan untuk berasosiasi dengan sebuah domain spesifik, yakni sebuah konstruksi logis yang mendefinisikan himpunan nilai valid yang dapat diambil oleh atribut tersebut (Yesin *et al.*, 2021). Lebih jauh lagi, nilai-nilai di dalam domain ini bersifat atomik, yang berarti nilai tersebut tidak dapat dibagi lagi menjadi komponen yang lebih kecil dalam konteks operasi basis data standar.

Prinsip utama yang memastikan keandalan model relasional ini adalah penerapan integritas entitas dan integritas referensial. Setiap relasi secara konseptual diwajibkan memiliki sebuah kunci primer (*primary key*), yang terdiri dari satu atau sekumpulan atribut yang secara unik dan tanpa ambiguitas mampu mengidentifikasi setiap *tuple* tunggal di dalam relasi yang bersangkutan.

Atribut yang bertindak sebagai kunci primer ini terikat oleh aturan ketat yang melarang keberadaan nilai kosong (*null*), karena ketiadaan nilai akan menghancurkan kemampuan sistem untuk membedakan satu entitas dari entitas lainnya. Meskipun berbagai vendor RDBMS modern bervariasi secara signifikan dalam penawaran fitur komersial, optimalisasi kepemilikan, serta kekuatan integrasi tambahan, kesemuanya secara fundamental tetap beroperasi dengan mematuhi landasan prinsip-prinsip dasar yang didefinisikan secara akademis tersebut. RDBMS dirancang dengan keunggulan inheren dalam memfasilitasi bahasa query deklaratif seperti *Structured Query Language* (SQL) serta pemrosesan manipulasi data yang sangat kompleks yang mencakup pembaruan, penyisipan, dan penghapusan informasi, dengan asumsi dasar bahwa sebuah desain skema relasional yang sempurna telah dikonstruksi terlebih dahulu.

## 2. Teori Desain, Ketergantungan Fungsional, dan Normalisasi

Keberhasilan implementasi basis data tidak terjadi secara kebetulan atau melalui coba-coba, melainkan dibangun di atas metodologi pemodelan konseptual yang sangat terstruktur, seperti model *Entity-Relationship* (ER), dan kemudian disempurnakan melalui instrumen matematis yang dikenal sebagai proses normalisasi.

Normalisasi merupakan sebuah prosedur sistematis tingkat lanjut yang digunakan oleh para arsitek data untuk mengevaluasi dan merestrukturisasi skema basis data dengan tujuan tunggal meminimalkan redundansi data serta mencegah terjadinya anomali fatal saat dilakukan operasi pembaruan, penyisipan, dan penghapusan. Inti dari keseluruhan teori normalisasi ini bergantung pada konsep ketergantungan fungsional (*functional dependencies*).

Ketergantungan fungsional memberikan landasan aksioma yang menetapkan aturan presisi mengenai bagaimana eksistensi satu atribut secara logis menentukan atribut lainnya di dalam ekosistem skema yang sama. Sebagai ilustrasi konseptual, apabila sebuah atribut penentu (*determinant*) secara unik mengamankan identitas atribut yang bergantung padanya (*dependent*), maka relasi struktural ini harus terus dijaga konsistensinya seiring dengan membesarnya kapasitas tabel.

Tanpa pemahaman mendalam serta penerapan ketergantungan fungsional yang akurat, struktur basis data dipastikan akan mengalami deteriorasi seiring berjalannya waktu, memicu munculnya duplikasi rekaman yang masif, pembaruan data yang tidak sinkron di berbagai tabel, dan kesalahan struktural yang dapat melumpuhkan integritas operasional Perusahaan (Hardini *et al.*, 2025). Proses dekomposisi skema relasional melalui serangkaian hierarki Bentuk Normal (*Normal Forms*) memberikan jaminan matematis terhadap kualitas desain.

Bentuk Normal Pertama (1NF) menetapkan fondasi dasar dengan mewajibkan setiap perpotongan baris dan kolom dalam tabel untuk menyimpan nilai tunggal yang sepenuhnya atomik, menegaskan bahwa hukum dependensi hanya dapat beroperasi pada nilai singular, bukan pada struktur kompleks seperti daftar *array* multivariat. Beranjak ke tingkat selanjutnya, Bentuk Normal Kedua (2NF) menyasar secara khusus pada tabel-tabel yang diidentifikasi menggunakan kunci komposit.

Aturan ini mensyaratkan dengan ketat bahwa setiap atribut yang bukan merupakan bagian dari kunci utama harus memiliki ketergantungan fungsional secara penuh terhadap keseluruhan struktur kunci komposit tersebut, dan tidak diizinkan untuk hanya

## Daftar Pustaka

- Abbasi, M. *et al.* (2024). Revisiting Database Indexing for Parallel And Accelerated Computing: A Comprehensive Study And Novel Approaches, *Information (Switzerland)*, 15(8), pp. 1–20. Available at: <https://doi.org/10.3390/info15080429>.
- Hakami, T.A., Alginahi, Y.M. And Sabri, O. (2025). Exploring The Evolution of Big Data Technologies: A Systematic Literature Review of Trends, Challenges, And Future Directions, *Future Internet*, 17(9), pp. 1–29. Available at: <https://doi.org/10.3390/fi17090427>.
- Hardini, M. *et al.* (2025). Application of Database Normalization in Increasing Data Storage Efficiency, *International Transactions on Artificial Intelligence (ITALIC)*, 3(2), pp. 201–211. Available at: <https://doi.org/10.33050/italic.v3i2.799>.
- Li, C. *et al.* (2019). An Adaptive Construction Method of Hierarchical Spatio-Temporal Index For Vector Data Under Peer-to-Peer Networks, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11), p. 512. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijgi8110512>.
- Makhloufi, L. *et al.* (2023). Understanding The Impact of Big Data Analytics And Knowledge Management on Green Innovation Practices And Organizational Performance: The Moderating Effect of Government Support, *Sustainability (Switzerland)*, 15(11). Available at: <https://doi.org/10.3390/su15118456>.
- Yesin, V. *et al.* (2021). Technique For Evaluating The Security of Relational Databases Based On The Enhanced Clements–Hoffman Model, *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(23). Available at: <https://doi.org/10.3390/app112311175>

## PROFIL PENULIS

### **Hendrik Fery Herdiyatomoko**

Ketertarikan penulis terhadap dunia teknologi dan ilmu komputer telah tumbuh sejak masa sekolah, yang mengantarkannya menempuh pendidikan di SMA Pangudi Luhur Yogyakarta hingga lulus pada tahun 1996. Penulis kemudian memperdalam keilmuannya dengan melanjutkan studi S1 di Program Studi Teknik Informatika Universitas Sanata Dharma Yogyakarta dan berhasil meraih gelar sarjana pada tahun 2005. Dedikasinya terhadap pendidikan dan teknologi terus berlanjut hingga penulis menyelesaikan studi S2 di Program Studi Magister Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada pada tahun 2015.

Saat ini, penulis aktif mengabdikan sebagai Dosen Informatika sekaligus dipercaya mengemban amanah sebagai Kepala Laboratorium Kecerdasan Buatan di Universitas Katolik Musi Charitas. Penulis memiliki kepakaran yang kuat di bidang *Web Programming* (khususnya menggunakan *framework Laravel* dan *Django*), arsitektur *Web Service*, serta *Machine Learning* dan *Large Language Models (LLM)*.

Selain rutinitas mengajar dan meneliti, penulis juga merupakan seorang Asesor Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) yang tersertifikasi di bidang *Web Programming*. Komitmennya terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dibuktikan melalui berbagai publikasi karya ilmiah, di mana banyak dari penelitiannya berfokus pada integrasi *Web Service* dan penerapan *Machine Learning*, khususnya pada topik pemrosesan bahasa alami seperti analisis sentimen.

Email Penulis: [fery023@gmail.com](mailto:fery023@gmail.com).



**BAB 7**  
**KECERDASAN BUATAN,**  
**PEMBELAJARAN MESIN,**  
**DAN ROBOTIKA**

---

**Dr. Ir. Rismayani, S.Kom., M.T.**  
Universitas Dipa Makassar



## Kecerdasan Buatan

Komputer merupakan perangkat elektronik yang dirancang untuk menerima data sebagai masukan, mengolah informasi melalui serangkaian instruksi, menyimpan hasil pemrosesan, serta menghasilkan keluaran yang dapat digunakan oleh pengguna. Dalam perkembangan teknologi modern, komputer menjadi *platform* utama dalam pengembangan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI). Teknologi ini memungkinkan sistem komputer melakukan proses komputasi kompleks secara cepat sehingga mampu menganalisis data dalam jumlah besar dan menghasilkan keputusan berbasis algoritma (Aggarwal, 2021a).

Secara konseptual, pengembangan kecerdasan buatan didasarkan pada berbagai disiplin ilmu seperti teori komputasi, algoritma, struktur data, logika matematika, serta probabilitas. Algoritma berfungsi sebagai prosedur sistematis yang digunakan komputer untuk menyelesaikan permasalahan tertentu melalui serangkaian langkah terstruktur. Dalam konteks AI, algoritma dimanfaatkan untuk mengekstraksi pola dari data sehingga sistem mampu melakukan prediksi atau klasifikasi. Sementara itu, teori probabilitas digunakan untuk menangani ketidakpastian yang sering muncul dalam data dunia nyata (Amalia *et al.*, 2024).

Selain itu, konsep arsitektur komputer juga menjadi dasar penting dalam implementasi kecerdasan buatan. Arsitektur komputer modern dirancang untuk mendukung komputasi paralel, pemrosesan data skala besar, serta integrasi dengan berbagai perangkat keras khusus seperti *Graphics Processing Unit* (GPU) dan *Tensor Processing Unit* (TPU). Perkembangan ini memungkinkan algoritma AI, khususnya *deep learning*, dapat dijalankan dengan performa yang lebih optimal (Aggarwal, 2021b).

Pengembangan model kecerdasan buatan saat ini banyak didukung oleh berbagai perangkat lunak dan pustaka pemrograman. *Framework* seperti *TensorFlow*, *PyTorch*, dan *Scikit-learn* memungkinkan pengembang membangun model AI secara lebih efisien karena menyediakan berbagai algoritma yang siap digunakan. Melalui *platform* tersebut, proses pelatihan model dapat dilakukan

dengan memanfaatkan *dataset* dalam jumlah besar sehingga kemampuan sistem dalam mengenali pola menjadi semakin baik (Aggarwal, 2021c).

Selain perangkat lunak, implementasi AI juga memerlukan dukungan perangkat keras yang memadai. Komputer dengan kemampuan komputasi tinggi, seperti *server* berbasis GPU atau *cloud computing*, memungkinkan pemrosesan data dalam skala besar secara lebih efisien. Infrastruktur komputasi ini menjadi komponen penting dalam pengembangan sistem AI modern, terutama pada aplikasi yang membutuhkan pemrosesan data *real-time*. Implementasi komputer dalam AI juga terlihat pada integrasi dengan berbagai sistem informasi dan teknologi lainnya.

Contohnya adalah sistem rekomendasi pada *platform e-commerce*, sistem deteksi wajah pada perangkat keamanan, serta sistem analisis data pada bidang kesehatan. Dalam konteks tersebut, komputer berperan sebagai pusat pemrosesan yang mengintegrasikan berbagai sumber data dan menghasilkan keputusan berbasis algoritma kecerdasan buatan (Hsieh *et al.*, 2024). Perkembangan teknologi komputer telah memungkinkan penerapan kecerdasan buatan dalam berbagai bidang kehidupan. Salah satu bidang yang banyak memanfaatkan AI adalah sektor kesehatan. Dalam bidang ini, komputer digunakan untuk menganalisis data medis, membantu diagnosis penyakit, serta mendukung pengambilan keputusan klinis. Sistem AI mampu memproses citra medis seperti hasil radiologi atau MRI untuk mendeteksi adanya indikasi penyakit dengan tingkat akurasi yang tinggi (Somogyi, 2021b).

Di bidang pendidikan, komputer yang dilengkapi dengan teknologi AI dapat digunakan untuk mengembangkan sistem pembelajaran adaptif. Sistem ini mampu menyesuaikan materi pembelajaran dengan kemampuan dan kebutuhan masing-masing siswa. Selain itu, AI juga digunakan dalam sistem penilaian otomatis, analisis performa siswa, serta pengembangan asisten virtual yang membantu proses pembelajaran (Somogyi, 2021a).

Pada sektor industri dan bisnis, komputer dengan dukungan AI digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengambilan keputusan strategis. Contohnya adalah penggunaan

sistem analitik prediktif untuk memprediksi permintaan pasar, sistem rekomendasi produk pada *platform digital*, serta otomatisasi proses bisnis melalui teknologi *intelligent automation* (Madanan *et al.*, 2025).

Di bidang transportasi, teknologi komputer dan AI digunakan dalam pengembangan kendaraan otonom yang mampu mengemudi secara mandiri. Sistem ini memanfaatkan berbagai sensor, kamera, dan algoritma pembelajaran mesin untuk mengenali lingkungan sekitar serta membuat keputusan secara *real-time*. Selain itu, AI juga digunakan dalam sistem manajemen lalu lintas cerdas untuk meningkatkan efisiensi transportasi di perkotaan (Somogyi, 2021c).

Sementara itu, dalam bidang keamanan dan pertahanan, komputer yang dilengkapi dengan teknologi AI digunakan untuk mendeteksi ancaman siber, melakukan analisis pola serangan, serta mengembangkan sistem pengawasan berbasis pengenalan wajah. Dengan kemampuan analisis data yang tinggi, sistem AI mampu membantu meningkatkan keamanan informasi dan infrastruktur *digital* (Jasim *et al.*, 2025).

Seiring dengan perkembangan teknologi, peran komputer dalam pengembangan kecerdasan buatan diperkirakan akan semakin signifikan. Kemajuan dalam bidang komputasi kuantum, edge computing, serta komputasi berbasis *cloud* akan membuka peluang baru dalam pengembangan sistem AI yang lebih canggih dan efisien.

Teknologi tersebut memungkinkan pemrosesan data dalam skala yang lebih besar dan dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan sistem komputasi konvensional. Selain itu, integrasi komputer dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) juga akan memperluas penerapan kecerdasan buatan dalam berbagai aspek kehidupan (Saptadi *et al.*, 2025). Perangkat IoT yang terhubung dengan sistem AI memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* dari berbagai sumber, sehingga komputer dapat melakukan analisis dan pengambilan keputusan secara lebih cepat dan akurat (Peng *et al.*, 2025).

Dengan demikian, komputer tidak hanya berfungsi sebagai alat pengolah data, tetapi juga sebagai fondasi utama dalam pengembangan sistem kecerdasan buatan. Perpaduan antara landasan teoritis, implementasi praktis, serta ragam aplikasi yang terus

berkembang menjadikan komputer sebagai komponen kunci dalam transformasi *digital* di berbagai sektor.

## Pembelajaran Mesin

Pembelajaran mesin merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang berfokus pada pengembangan algoritma yang memungkinkan komputer belajar dari data tanpa harus diprogram secara eksplisit untuk setiap tugas tertentu. Secara teoritis, proses pembelajaran mesin melibatkan konsep optimasi matematis, analisis statistik, serta teori probabilitas yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan atau pola yang tersembunyi dalam data.

Model pembelajaran mesin dibangun menggunakan algoritma tertentu yang mampu menyesuaikan parameter internalnya melalui proses pelatihan berdasarkan dataset yang tersedia (Fatimah Nur Arifah *et al.*, 2025). Implementasi pembelajaran mesin dalam sistem komputer melibatkan beberapa tahapan utama yang saling berkaitan. Tahapan pertama adalah pengumpulan data yang akan digunakan sebagai dasar proses pembelajaran.

Data tersebut dapat berasal dari berbagai sumber, seperti basis data, sensor, perangkat IoT, maupun *platform digital* lainnya. Setelah data diperoleh, langkah berikutnya adalah proses pra pemrosesan data (*data preprocessing*) yang bertujuan untuk membersihkan data, mengatasi data yang hilang, serta melakukan normalisasi atau transformasi agar data siap digunakan dalam proses pelatihan model (Putra *et al.*, 2024).

### 1. *Training* (Pelatihan Model)

Pada tahap ini, komputer menjalankan algoritma pembelajaran mesin untuk menemukan pola dalam dataset pelatihan. Proses pelatihan biasanya memerlukan sumber daya komputasi yang cukup besar, terutama jika *dataset* yang digunakan memiliki ukuran yang besar atau jika model yang digunakan memiliki kompleksitas tinggi. Oleh karena itu, perkembangan teknologi perangkat keras seperti *Graphics Processing Unit* (GPU) dan sistem komputasi berbasis cloud sangat membantu dalam mempercepat proses pelatihan model pembelajaran mesin.

## Daftar Pustaka

- Adelino, M. I. (2025). *Pembelajaran Mesin Dalam Ergonomi: Penerapan Algoritma Klasifikasi*. Madani Kreatif Publisher.
- Adi Kurniawan Saputro, M.Tr.T, M. S., S. T., CIIQA, S. A., S. T., M. T., M.T, Z. H., S. T., M.T, I. B. R. A., S. T., M.Kom, I. I. G. A. W., S. T., M.T, I. S. P., M.IST, A. A. N., S. T., M.T, A., S. T., & M.T, N. W. S., S. T. (2025). *Rekayasa Robotik Dan Kecerdasan Buatan Terapan*. CV Rey Media Grafika.
- Aggarwal, C. C. (2021a). *Artificial Intelligence: A Textbook*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-72357-6>.
- Aggarwal, C. C. (2021b). Neural Networks. In C. C. Aggarwal (Ed.), *Artificial Intelligence: A Textbook* (pp. 211–251). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-72357-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72357-6_7).
- Aggarwal, C. C. (2021c). Unsupervised Learning. In C. C. Aggarwal (Ed.), *Artificial Intelligence: A Textbook* (pp. 299–342). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-72357-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72357-6_9).
- Amalia, A., Fahmy, A. F. R., Sari, N. H. M., Nugroho, D. A., Prabowo, D. S., Pujiono, I. P., Faradhillah, N., & Syukron, A. A. (2024). *Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Artificial Intelligence (AI) di Sekolah*. Penerbit NEM.
- Dyasa, I. G. S. M., Umam, F., Satria, V. H., Sukri, H., & Adiputra, F. (2026). *Machine Learning*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Fatimah Nur Arifah, Angdy Erna, Yusron Abda'u Ansyah, Wilsen Grivin Mokodaser, Green Ferry Mandias, Rismayani, & Muhammad Rizki Setyawan. (2025). *Pemanfaatan Machine Learning dalam Teknologi Informasi*. Yayasan Kita Menulis. <https://kitamenulis.id/2025/06/26/pemanfaatan-machine-learning-dalam-teknologi-informasi%E2%81%A0%E2%81%A0%E2%81%A0/>.
- Helsa, Y. (2025). *Artificial Intelligence Untuk Pendidikan Strategi*

*Pembelajaran, Efisiensi Guru, dan Implementasi Mengajar AI Untuk Siswa di Setiap Level.* Deepublish.

Hsieh, W., Bi, Z., Jiang, C., Liu, J., Peng, B., Zhang, S., Pan, X., Xu, J., Wang, J., Chen, K., Feng, P., Wen, Y., Song, X., Wang, T., Liu, M., Yang, J., Li, M., Jing, B., Ren, J., ... Liang, C. X. (2024). *A Comprehensive Guide to Explainable AI: From Classical Models to LLMs* (arXiv:2412.00800). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.00800>.

Jasim, N. I., Shamini, S., Al-Sharafi, M. A., Mahmoud, M. A., Ibrahim, M., & Hassan, A. (2025). Adoption and Implementation Trends of Vehicle-to-Everything (V2X) Technologies: A Comprehensive Bibliometric Analysis. In M. A. Al-Sharafi, M. Al-Emran, M. A. Mahmoud, & I. Arpaci (Eds.), *Current And Future Trends on AI Applications: Volume 1* (pp. 329–344). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-75091-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-75091-5_18).

Jayasri, M. N., Waris, D. S. F., Joshi, M. D., & Revathy, M. P. (2024). *Machine Learning Essentials and Applications*. RK Publication.

Madanan, M., Gunasekaran, S. S., Mahmoud, M. A., Dhillon, J. S., Mostafa, S., & Nidzam, N. N. S. (2025). Artificial Intelligence Methods And Image Recognition Techniques In Ophthalmic Robotic Surgery: A Review. In M. A. Al-Sharafi, M. Al-Emran, M. A. Mahmoud, & I. Arpaci (Eds.), *Current and Future Trends on AI Applications: Volume 1* (pp. 345–364). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-75091-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-75091-5_19).

Peng, B., Pan, X., Wen, Y., Bi, Z., Chen, K., Li, M., Liu, M., Niu, Q., Liu, J., Wang, J., Zhang, S., Xu, J., Song, X., Jiang, Z., Wang, T., & Feng, P. (2025). *Deep Learning And Machine Learning, Advancing Big Data Analytics And Management: Handy Appetizer* (arXiv:2409.17120). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.17120>.

Putra, R. F., Mukhlis, I. R., Datya, A. I., Pipin, S. J., Reba, F., Al-Husaini, M., Mandowen, S. A., Zain, N. N. L. E., & Judijanto, L. (2024). *Algoritma Pembelajaran Mesin: Dasar, Teknik, dan Aplikasi*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Ramadhoniarti, I., Kurniawan, W., Lestari, N., Rasmi, D. P., & Jufrida. (2025). *Pembelajaran Berbasis Educational Robotic: Kinematika*

*Gerak Melingkar*. Penerbit NEM.

- Ridwan, A., Gunawan, P. W., Handika, I. P. S., Pasaribu, A. A., Wulandari, R., Febriani, S., & Rukmana, A. Y. (2024). *Pengantar Sistem Digital: Konsep Dasar dan Penerapannya*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Saptadi, N. T. S., Iskandar, D., Neno, F. E., Setiawan, R., Soekarman, Pramana, H. J., Tugiman, Saputra, A., Haryani, F. R., Febriyanty, N. E., Putri, S. M., Nugroho, E. P., Listiani, L., Rahmatullah, T. A., Siswoyo, B., Mahfudhi, K., & Sany, N. (2025). *Integrasi Internet of Things (IoT) dan Embedded System Dalam Era Digital*. Sada Kurnia Pustaka.
- Sari, R., Khalida, R., Fitriyani, A., Ardiansyah, A., Mukrodin, & Kurniasih, M. (n.d.). *Pengantar Ilmu Komputer*. Umepublishing.
- Somogyi, Z. (2021a). Machine Learning by Example. In Z. Somogyi (Ed.), *The Application of Artificial Intelligence: Step-by-Step Guide from Beginner to Expert* (pp. 199–307). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60032-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60032-7_8).
- Somogyi, Z. (2021b). Machine Learning Data. In Z. Somogyi (Ed.), *The Application of Artificial Intelligence: Step-by-Step Guide From Beginner to Expert* (pp. 113–141). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60032-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60032-7_4).
- Somogyi, Z. (2021c). *The Application of Artificial Intelligence: Step-by-Step Guide From Beginner to Expert*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60032-7>.
- Sovantro Derisjon Manalu. (2024). *AI: Revolusi Pembelajaran Menerobos Batasan Melalui Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Dalam Pendidikan*. CV Brimedia Global.
- Wanda, S. S., Purnawati, N. W., Sepriano, S., Syauki, A., Triadi, A., Sulistyowati, S., Farkhan, M., Khadafi, S., Hayati, N., & Irmawati, I. (2023). *Pengantar Ilmu Komputer: Panduan Komprehensif bagi Pemula*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

## PROFIL PENULIS




### **Dr. Ir. Rismayani, S.Kom., M.T.**

Karir Dosen dimulai sejak tahun 2010 sampai sekarang di Universitas Dipa Makassar pada program studi Sistem Informasi. Semenjak tahun 2014 sampai sekarang telah memperoleh hibah penelitian SIMLITABMAS dan BIMA dan melakukan publikasi di jurnal Nasional Terakreditasi dan publikasi Internasional Bereputasi. Semenjak tahun 2018 sampai sekarang telah menjadi *reviewer* di beberapa jurnal nasional terakreditasi di beberapa penyelenggara perguruan tinggi di Indonesia.

Kemudian menjadi *Reviewer* di Jurnal Internasional Bereputasi (Terindeks *Scopus*) pada *Science Publication* di *United States* dan konferensi internasional, *Elsevier*, IEEE dan IAES. Menghasilkan beberapa buku yang telah di publikasi. Saat ini telah memiliki satu paten dan dua paten sederhana dalam status terdaftar dan *granted*, kemudian menghasilkan hak cipta status *granted* berupa program komputer. Penulis memiliki kepakaran di bidang *Artificial Intelligence*, *Machine Learning* dan *Deep Learning*.

Email Penulis: [rismayani@undipa.ac.id](mailto:rismayani@undipa.ac.id).



**BAB 8**  
**PENGOLAHAN CITRA**  
***DIGITAL* DAN SINYAL**  
**SUARA**

---

**Dr. Ulla Delfana Rosiani, S.T., M.T.**  
Politeknik Negeri Malang



## Pendahuluan

Pengolahan citra *digital* dan pengolahan sinyal suara merupakan bidang dalam ilmu komputer yang mempelajari representasi dan analisis data visual serta audio dalam bentuk *digital*. Teknologi ini menjadi dasar berbagai aplikasi seperti *computer vision*, *speech recognition*, biometrik, dan sistem keamanan cerdas.

Secara konseptual, citra merupakan sinyal dua dimensi yang merepresentasikan intensitas cahaya pada koordinat spasial, sedangkan suara merupakan sinyal satu dimensi dalam domain waktu yang menggambarkan perubahan tekanan udara. Agar dapat diproses oleh komputer, kedua sinyal tersebut harus melalui proses digitalisasi melalui sampling dan kuantisasi.

Bab ini dibagi menjadi dua bagian utama: (1) Pengolahan Citra *Digital* dan (2) Pengolahan Sinyal Suara. Pembahasan mencakup konsep teoritis, metode klasik, pendekatan berbasis pembelajaran mesin.

## Pengolahan Citra Digital

### 1. Konsep dan Representasi *Matematis* Citra Digital

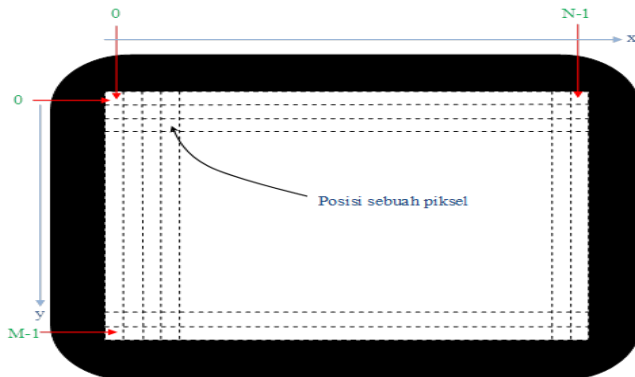
Citra (*image*) merupakan representasi visual dari suatu objek atau fenomena yang dapat ditangkap oleh sistem penginderaan seperti mata manusia atau perangkat *optic* (Rustiyana *et al.*, 2025). Dalam konteks komputasi, citra dipandang sebagai data visual yang dapat disimpan, dianalisis, dan diproses oleh komputer (Rustiyana *et al.*, 2025). Berdasarkan bentuk representasinya, citra dibedakan menjadi citra *analog* dan citra *digital*. Citra *analog* bersifat kontinu baik pada domain spasial maupun intensitasnya, seperti pada foto film kamera analog atau tampilan televisi tabung lama.

Sebaliknya, citra *digital* direpresentasikan secara diskrit dalam bentuk matriks dua dimensi yang terdiri dari piksel (*pixel*), di mana setiap piksel memiliki koordinat posisi dan nilai intensitas tertentu yang merepresentasikan tingkat kecerahan atau warna (Siregar *et al.*, 2025). Dalam pengolahan citra *digital*, citra biasanya direpresentasikan secara matematis sebagai fungsi dua variabel dalam domain spasial (Marpaung *et al.*, 2022), yaitu:

$$f(x, y), x = 0, 1, \dots, M - 1; y = 0, 1, \dots, N - 1$$

dimana  $x$  dan  $y$  menyatakan koordinat piksel pada citra, sedangkan  $f(x, y)$  menyatakan nilai intensitas pada posisi tersebut. Dengan representasi ini, citra *digital* dapat dipandang sebagai matriks berukuran  $M \times N$  yang tersusun dari piksel-piksel dengan nilai numerik tertentu (Andono & Sutojo, 2018).

Setiap piksel memiliki posisi unik dalam matriks sehingga memungkinkan berbagai operasi komputasi seperti *filtering*, segmentasi, dan deteksi objek dilakukan dengan memanipulasi nilai intensitas piksel atau area di sekitarnya. Representasi matematis ini menjadi dasar dalam pengembangan berbagai algoritma pengolahan citra dan sistem computer vision, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.1.



**Gambar 8.1: Sistem Koordinat Citra Berukuran  $M \times N$**

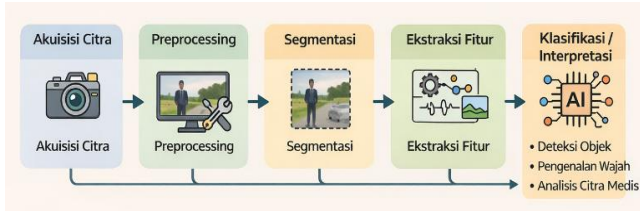
Sumber: Diolah Penulis.

## 2. Tahapan Umum Pengolahan Citra Digital

*Pipeline* pengolahan citra, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.2, dimulai dengan akuisisi citra melalui sensor kamera untuk mendapatkan *data digital* mentah, yang kemudian dilanjutkan ke tahap *preprocessing* untuk membersihkan *noise* dan mengoptimalkan kualitas visual.

Setelah citra siap, proses segmentasi dilakukan untuk memisahkan objek target dari latar belakangnya, disusul dengan ekstraksi fitur guna mengambil karakteristik unik seperti bentuk, warna, atau tekstur sebagai representasi matematis.

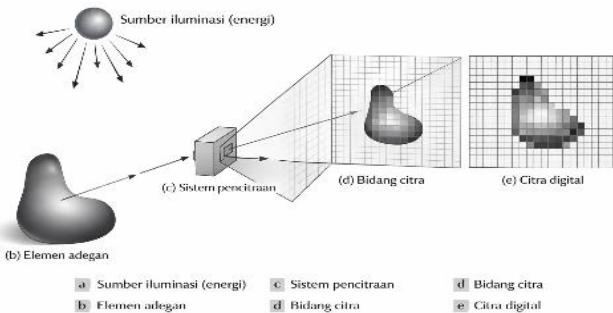
Seluruh informasi tersebut akhirnya diolah dalam tahap klasifikasi atau interpretasi menggunakan model kecerdasan buatan untuk mengenali objek, mendeteksi anomali, atau menghasilkan teks deskriptif, yang menjadi fondasi utama dalam operasional sistem visi komputer modern.



**Gambar 8.2: Tahapan Umum Pemrosesan Citra Digital**  
 Sumber: Diolah Penulis.

### 3. Akuisisi Citra Digital

Akuisisi citra *digital* merupakan tahap awal dalam pipeline sistem visi komputer untuk memperoleh data visual dari dunia nyata agar dapat diproses oleh komputer, seperti pada Gambar 8.3. Proses ini dimulai dari sumber cahaya yang mengenai objek dan dipantulkan menuju sistem pencitraan. Sensor kamera seperti CCD atau CMOS menangkap cahaya tersebut dan mengubahnya menjadi sinyal listrik analog yang kemudian dikonversi menjadi data digital melalui *Analog-to-Digital Converter* (ADC) sehingga menghasilkan citra digital berupa piksel dengan nilai intensitas tertentu. Kualitas citra dipengaruhi oleh faktor seperti resolusi sensor, kondisi pencahayaan, dan posisi kamera (Gonzalez & Woods, 2008).



**Gambar 8.3: Diagram Proses Akuisisi Citra Digital**  
 Sumber: Gonzalez & Woods, 2008.

## Daftar Pustaka

- Andono, P. N., & Sutojo, T. (2018). *Pengolahan Citra Digital*. Penerbit Andi.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital Image Processing*. Prentice Hall.  
<https://books.google.co.id/books?id=8uGONjRGEzoC>.
- Hikmah, N. F., & Pranata, A. (2025). *Pengolahan Sinyal Digital Dan Implementasinya Dengan Python From Scratch*. Penerbit Andi.
- Marpaung, F., Aulia, F., & Nabila, R. C. (2022). *Computer Vision dan Pengolahan Citra Digital*. Pustaka Aksara.
- Putri, M. A., & Wibisono, I. S. (2025). SmartTraffic-CNN: Deteksi dan Estimasi Jumlah Kendaraan Secara Otomatis Menggunakan Deep Learning dan Ekstraksi Fitur. *Jurnal Algoritma*, 22(2), 1986–1996.
- Rustiyana, R., Lase, M. C. M., Imamah, N., Yendri, O., & Judijanto, L. (2025). *Pengolahan Citra Digital: Digital Image Processing*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Sarı, N., Çukurova, İ., Cingi, C., & Bayar Muluk, N. (2025). Sound And Acoustics: An Overview. *Otology Updates*, 105–111.
- Sengupta, B., Jaradat, F., Khan, I., Tawfeeq, M., & Qahtani, M. (2020). Challenges And Lessons Learned From The First Case of In Situ Cadaveric Split Liver Transplantation to Two Adult Recipients in Saudi Arabia. *International Journal of Transplantation Research and Medicine*, 6. <https://doi.org/10.23937/2572-4045.1510051>.
- Setiawan, A. (2022). Estimation of Sound Source Direction Using Fourier Transformation Method With Arduino. *Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem dan Komputer*, 2(2), 111–122.
- Siregar, A. C., Poetro, B. S. W., Octariadi, B. C., Robet, R., & Sucipto, S. (2025). *Buku Ajar Pengolahan Citra Digital*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Szeliski, R. (2022). *Computer Vision: Algorithms And Applications*. Springer Nature.
- Trihandaru, S. (2024). *Clustering Untuk Data Suara Studi Kasus Mel-*

*Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) dan Long Short Term Memory (LSTM) dengan Internet of Things (IoT) Untuk Klasifikasi Suara.* Uwais Inspirasi Indonesia.

Vary, P., & Martin, R. (2023). *Digital Speech Transmission And Enhancement.* John Wiley & Sons.

Ye, H., Deng, G., Mauger, S., Hersbach, A., Dawson, P., & Heasman, J. (2013). A Wavelet-Based Noise Reduction Algorithm And Its Clinical Evaluation In Cochlear Implants. *PloS One*, 8, e75662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075662>.

Zangana, H., Mohammed, A., Bibo, Z., & Mustafa Alfaqi, F. (2024). *Exploring Image Representation And Color Spaces in Computer Vision: A Comprehensive Review.* 13, 4261–4272. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i3.3998>


## PROFIL PENULIS



### **Dr. Ulla Delfana Rosiani, S.T., M.T.**

Penulis merupakan akademisi dan peneliti yang memiliki minat pada bidang kecerdasan buatan, sistem pendukung keputusan, serta pengolahan citra digital. Ia menempuh pendidikan S1 dan S2 di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, serta menyelesaikan studi doktoral (S3) di Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas (*F-Electics*), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), dengan fokus pada teknologi informasi dan sistem cerdas. Saat ini penulis aktif sebagai dosen di Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Malang (Polinema) dan mengampu mata kuliah Sistem Pendukung Keputusan, Pengolahan Citra *Digital*, Kecerdasan Buatan, Sistem Cerdas, Pengenalan Pola, serta Metodologi Penelitian.

Selain kegiatan pengajaran, penulis juga aktif melakukan penelitian dan publikasi ilmiah pada bidang kecerdasan buatan dan *computer vision*. Fokus riset yang dikembangkan meliputi analisis ekspresi mikro wajah untuk deteksi kondisi psikologis serta deteksi dan pelacakan objek bergerak menggunakan teknik *computer vision* dan *deep learning*. Salah satu penelitian yang sedang dikembangkan adalah analisis gerakan dan klasifikasi ukuran bibit ikan lele berbasis deteksi objek untuk mendukung otomatisasi proses *grading* dan perhitungan bibit pada sektor perikanan.



**BAB 9**  
***VIRTUAL REALITY (VR),  
AUGMENTED REALITY  
(AR), DAN METAVERSE***

---

**Eka Purnama Harahap, S.Kom., M.TI.**  
Universitas Raharja



## Pendahuluan: Evolusi Interaksi Manusia Dan Komputer

Perkembangan Ilmu Komputer modern tidak lagi hanya berfokus pada komputasi numerik dan sistem informasi, tetapi telah bergeser menuju pengalaman komputasi imersif (*immersive computing*). *Virtual Reality* (VR), *Augmented Reality* (AR), dan *Metaverse* merupakan representasi nyata dari konvergensi *computer graphics*, *Human-Computer Interaction* (HCI), *Artificial Intelligence* (AI), *distributed systems*, dan *cloud computing*.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi XR (*Extended Reality*) juga menunjukkan pertumbuhan signifikan dalam sektor pendidikan, kesehatan, industri, dan ekonomi digital (Lampropoulos, 2025). Transformasi ini dipercepat oleh ketersediaan perangkat komputasi yang lebih ringan, konektivitas 5G, serta integrasi AI generatif dalam lingkungan *virtual*.

Menurut laporan industri terbaru, pasar XR global menunjukkan pertumbuhan eksponensial dan diproyeksikan mencapai nilai triliunan dolar dalam dekade mendatang (*Grand View Research*, 2024; IMARC Group, 2024).

## Perubahan Paradigma Dari 2D Interface Ke Immersive Computing

Generasi awal munculnya komputer, interaksi dilakukan melalui 3 (tiga) model, yaitu:

1. *Command Line Interface* (CLI).
2. *Graphical User Interface* (GUI) berbasis 2D.
3. Perangkat input seperti keyboard dan mouse.

Model ini sangat efektif untuk komputasi tradisional, akan tetapi memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan objek tiga dimensi dan pengalaman nyata. Dan seiring perkembangan grafika komputer dan perangkat keras, muncul lah paradigma baru yang disebut *immersive computing*, yaitu komputasi.

Dimana komputasi ini memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dalam ruang tiga dimensi, menggunakan gerakan tubuh sebagai input, mengalami sensasi “hadir” dalam dunia *digital*. *Immersive computing* tidak lagi berfokus pada layar, tetapi pada pengalaman pengguna (*user experience*) secara menyeluruh. Inilah fondasi utama berkembangnya VR dan AR.

## Konsep *Extended Reality* (XR)

*Extended Reality* (XR) adalah istilah umum yang mencakup seluruh teknologi yang menggabungkan dunia nyata dan dunia virtual. XR terdiri dari:

1. ***Virtual Reality* (VR)**: menggantikan dunia nyata dengan lingkungan digital sepenuhnya.
2. ***Augmented Reality* (AR)**: menambahkan objek digital ke dunia nyata.
3. ***Mixed Reality* (MR)**: menggabungkan interaksi nyata dan virtual secara simultan.

Secara konseptual, XR berada dalam spektrum yang disebut *reality-virtuality continuum*, yaitu rentang antara realitas murni hingga virtualitas penuh. Konsep ini menunjukkan bahwa interaksi manusia dan komputer kini tidak lagi bersifat terpisah, tetapi semakin menyatu.

**Tabel 9.1: Perbandingan *Virtual Reality* (VR), *Augmented Reality* (AR), dan *Mixed Reality* (MR)**

Aspek	<i>Virtual Reality</i> (VR)	<i>Augmented Reality</i> (AR)	<i>Mixed Reality</i> (MR)
Definisi	Lingkungan digital sepenuhnya yang menggantikan dunia nyata	Penambahan objek <i>digital</i> ke dunia nyata	Integrasi objek digital dan nyata yang dapat saling berinteraksi
Tingkat Imersi	Sangat tinggi	Sedang	Tinggi
Dunia Nyata Terlihat?	Tidak	Ya	Ya
Interaksi dengan Objek Virtual	Interaksi dalam dunia virtual	Objek virtual ditampilkan, interaksi terbatas	Objek virtual dapat berinteraksi dengan lingkungan nyata
Perangkat Utama	<i>Head-Mounted Display</i> (HMD), <i>controller</i>	<i>Smartphone</i> , tablet, <i>smart glasses</i>	<i>Smart glasses</i> canggih, sensor <i>depth</i>

Teknologi Pendukung	3D <i>rendering</i> , <i>motion tracking</i> , <i>spatial audio</i>	<i>Computer vision</i> , SLAM, <i>camera tracking</i>	Sensor spasial, AI, <i>depth mapping</i>
Contoh Penggunaan	Simulasi penerbangan, pelatihan medis	Filter kamera, panduan perakitan	<i>Smart factory</i> , desain arsitektur interaktif
Kelebihan	Pengalaman imersif penuh	Mudah diakses, biaya relatif rendah	Interaksi lebih natural dan realistis
Keterbatasan	Dapat menyebabkan <i>motion sickness</i> , perangkat mahal	Presisi objek kadang terbatas	Infrastruktur dan perangkat masih mahal

Sumber: Diolah Penulis.

## Peran XR Dalam Revolusi Industri 4.0 dan *Society 5.0*

Revolusi Industri 4.0 ditandai oleh integrasi teknologi seperti:

1. *Internet of Things* (IoT).
2. *Artificial Intelligence* (AI).
3. *Big Data*.
4. *Cloud Computing*.

XR menjadi pelengkap penting dalam ekosistem ini karena mampu menghadirkan visualisasi data secara interaktif dan *real-time*. Contohnya:

1. *Digital twin* dalam industri manufaktur.
2. Simulasi pelatihan berbasis VR.
3. Panduan perawatan mesin berbasis AR.

Dalam konsep *Society 5.0*, teknologi tidak hanya berfokus pada efisiensi industri, tetapi juga pada peningkatan kualitas hidup manusia. Maka, XR mendukung hal ini melalui:

1. *Telemedicine* berbasis AR.
2. Pendidikan imersif.
3. Kolaborasi virtual lintas negara.

Dengan demikian, XR bukan hanya inovasi teknologi, tetapi bagian dari transformasi sosial *digital*.

## Daftar Pustaka

- Chengoden, R., Victor, N., Huynh-The, T., Yenduri, G., Jhaveri, R. H., Alazab, M., & Bhattacharya, S. (2023). Metaverse For Healthcare: A Survey On Applications, Challenges, And Future Directions. *IEEE Access*, *11*, 12345–12368. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3245678>.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Baabdullah, A. M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M. M., ... & Wamba, S. F. (2023). Metaverse Beyond The Hype: Multidisciplinary Perspectives on Emerging Challenges, Opportunities, And Agenda For Research. *International Journal of Information Management*, *66*, 102542. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>.
- Grand View Research. (2024). *Extended Reality Market Size Report 2024–2030*.
- IMARC Group. (2024). *Extended Reality Market Outlook 2025–2033*.
- Kim, J. (2023). Advertising In The Metaverse: Research Agenda. *Journal of Interactive Advertising*, *23*(1), 1–5. <https://doi.org/10.1080/15252019.2022.2135641>.
- Lampropoulos, G. (2025). Extended Reality And Immersive Learning Environments: A Systematic Review of Recent Advances And Educational Applications. *Education And Information Technologies*, *30*, 1123–1145. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12456-3>.
- Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., ... & Hui, P. (2022). All One Needs To Know About Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, And Research Agenda. *Journal of Latex Class Files*, *14*(8), 1–66.
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2023). The Cognitive Impact of Immersive Virtual Reality Learning Environments. *Computers & Education*, *191*, 104639. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104639>.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, *2*(1), 486–497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>.
- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., ... &

- Daneshmand, M. (2023). A Survey on Metaverse: The State-Of-The-Art, Technologies, Applications, And Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(16), 14671–14688. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3252079>.
- Park, S., Kim, Y., & Lee, J. (2023). The Role of Digital Twin And Immersive Technologies In Smart Manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 67, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.01.002>.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2022). A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications For Higher Education. *Computers & Education*, 182, 104463. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463>
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., & Hinsch, C. (2023). Augmented Reality Marketing: How Mobile AR-Apps Can Improve Brands Through Inspiration. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 72, 103270. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2022.103270>.
- Suh, A., & Prophet, J. (2022). The State of Immersive Technology Research: A Literature Analysis. *Information Systems Frontiers*, 24, 1647–1668. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10184-2>.
- Xi, N., & Hamari, J. (2023). Does Gamification Satisfy Needs? A Meta-Analysis of Gamification In Immersive Environments. *Computers in Human Behavior*, 139, 107500. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107500>.

## PROFIL PENULIS




### **Eka Purnama Harahap, S.Kom., M.TI.**

Kelahiran Baringin Jaya, 18 September 1993. Ia merupakan Sarjana lulusan STMIK Raharja pada tahun 2016. Dua tahun kemudian lulus sebagai Magister Teknologi Informasi di STMIK Raharja yang sejak 2019 telah berubah menjadi Universitas Raharja. Saat ini sedang menempuh pendidikan Doktorat Ilmu Komputer di Universitas Kristen Satya Wacana. Sejak 2016 sampai hingga saat ini, ia telah memiliki 10+ Mata kuliah yang diampu, dimana 2 mata kuliah diantaranya yaitu Pemrograman Berbasis Objek dan Pengantar Kecerdasan Buatan.

Selama 9 tahun mengabdikan, banyak pengalaman yang didapatkan sehingga mengajarkannya lebih mengenal beraneka ragam karakter. Pada Tri Dharma Penelitian, ia aktif menulis karya ilmiah yang terpublikasi di kancah nasional maupun internasional. Diantaranya terdapat 80+ Jurnal Nasional Terakreditasi yang ter-index *Google Scholar* dan SINTA serta 18+ Jurnal Internasional Ter-index SCOPUS. Ia juga merupakan bagian dari *Web of Science Academy*, yakni sebagai *graduate* dan juga mentor. Selain penelitian, ia memiliki 5+ hak kekayaan intelektual di bidang teknologi informasi. Bidang minatnya meliputi; *Machine Learning, Artificial Intelligence, Smart Tourism, dan Data Analytics*. Motto: Al Jazaa Min Jinsil 'Amal.

Email Penulis: [ekapurnamaharahap@raharja.info](mailto:ekapurnamaharahap@raharja.info).



**BAB 10**  
**KEAMANAN**  
**PERANGKAT LUNAK**  
**DAN PENGUJIAN**  
**PENETRASI**

---

**Lindung Siswanto S.Kom., M.Eng.**  
Politeknik Negeri Pontianak



## Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mendorong penggunaan perangkat lunak dalam hampir seluruh aktivitas manusia, mulai dari sistem administrasi pemerintahan, layanan perbankan, perdagangan elektronik, hingga aplikasi media sosial. Ketergantungan yang tinggi terhadap perangkat lunak ini menjadikan keamanan perangkat lunak sebagai aspek yang sangat penting dalam pengembangan sistem informasi modern.

Keamanan perangkat lunak merupakan upaya untuk melindungi aplikasi dari berbagai ancaman yang dapat menyebabkan kebocoran data, manipulasi informasi, atau gangguan layanan. Kerentanan dalam perangkat lunak sering kali dimanfaatkan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab untuk memperoleh akses ilegal ke sistem (McGraw, 2006).

Serangan seperti *SQL Injection*, *Cross-Site Scripting (XSS)*, dan *Remote Code Execution* merupakan contoh eksploitasi yang banyak ditemukan pada aplikasi berbasis web. Berdasarkan laporan keamanan aplikasi yang dipublikasikan oleh OWASP, sebagian besar serangan terhadap aplikasi web disebabkan oleh kesalahan dalam validasi *input* dan konfigurasi keamanan yang tidak memadai (OWASP Foundation, 2021).

Untuk mengurangi risiko tersebut, diperlukan pendekatan keamanan yang terintegrasi dalam proses pengembangan perangkat lunak. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah pengujian penetrasi (*penetration testing*), yaitu teknik simulasi serangan terhadap sistem untuk mengidentifikasi kerentanan sebelum dimanfaatkan oleh penyerang sebenarnya (Weidman, 2014).

## Konsep Dasar Keamanan Perangkat Lunak

Keamanan perangkat lunak merupakan bagian dari keamanan informasi yang berfokus pada perlindungan aplikasi dari berbagai ancaman dan kerentanan. Tujuan utama keamanan perangkat lunak adalah memastikan bahwa sistem dapat beroperasi secara aman, andal, dan terlindungi dari akses yang tidak sah (Whitman & Mattord, 2018). Dalam keamanan informasi dikenal konsep CIA Triad, yaitu *confidentiality*, *integrity*, dan *availability*.

## 1. Confidentiality

*Confidentiality* (kerahasiaan) memastikan bahwa informasi hanya dapat diakses oleh pihak yang memiliki hak akses. Contohnya adalah penggunaan enkripsi pada data sensitif seperti *password* atau nomor kartu kredit. Jika informasi sensitif tersebut dapat diakses oleh pihak yang tidak berwenang, maka prinsip *confidentiality* telah dilanggar. Contoh implementasi:

- a. Enkripsi Data (AES, RSA).
- b. Penggunaan *Password* dan MFA (*Multi-Factor Authentication*).
- c. Kontrol Akses Berbasis Peran (*Role Based Access Control/RBAC*).
- d. Pengamanan komunikasi menggunakan HTTPS atau VPN.

## 2. Integrity

*Integrity* memastikan bahwa data tidak mengalami perubahan tanpa izin. Mekanisme seperti *hashing* dan *digital signature* digunakan untuk menjaga integritas data (Anderson, 2020). Contoh kasus penyerang dapat mengubah saldo rekening di bank, maka integritas data sudah terganggu. Contoh implementasi:

- a. *Hashing* (SHA-256, SHA-3).
- b. *Digital signature*.
- c. *Checksum*.
- d. *Version control* dan *audit log*.

## 3. Availability

*Integrity* memastikan bahwa data tidak mengalami perubahan tanpa izin. Mekanisme seperti *hashing* dan *digital signature* digunakan untuk menjaga integritas data (Anderson, 2020). Contoh kasus sebuah *website* tidak dapat diakses karena serangan DDoS, maka aspek *availability* telah terganggu. Contoh implementasi:

- a. *Backup* dan *recovery* sistem.
- b. Redundansi *server*.
- c. *Load balancing*.
- d. Proteksi terhadap serangan DoS atau DDoS.

## Kerentanan Umum Pada Perangkat Lunak

Kerentanan perangkat lunak merupakan kelemahan dalam sistem yang dapat dimanfaatkan oleh penyerang untuk melakukan tindakan tidak sah. Salah satu referensi yang banyak digunakan dalam mengidentifikasi kerentanan aplikasi adalah OWASP Top 10, yang berisi daftar kerentanan aplikasi web yang paling kritis (OWASP Foundation, 2021). Beberapa kerentanan yang umum ditemukan antara lain:

### 1. *Injection*

Serangan *injection* terjadi ketika aplikasi tidak memvalidasi *input* pengguna dengan baik sehingga penyerang dapat menyisipkan perintah berbahaya. Contoh paling umum adalah *SQL Injection*.

### 2. *Broken Authentication*

Kesalahan dalam mekanisme autentikasi dapat memungkinkan penyerang mengambil alih akun pengguna.

### 3. *Sensitive Data Exposure*

Terjadi ketika data sensitif seperti *password* atau informasi pribadi disimpan atau dikirim tanpa perlindungan yang memadai.

### 4. *Security Misconfiguration*

Kesalahan konfigurasi *server* atau aplikasi dapat membuka celah keamanan bagi penyerang.

### 5. *Cross-Site Scripting (XSS)*

Serangan ini memungkinkan penyerang menyisipkan skrip berbahaya ke dalam halaman web yang kemudian dijalankan di *browser* korban (Stuttard & Pinto, 2011).

## *Secure Software Development Lifecycle (SSDLC)*

Untuk mengurangi risiko kerentanan, keamanan perlu diintegrasikan dalam seluruh proses pengembangan perangkat lunak melalui pendekatan *Secure Software Development Lifecycle (SSDLC)*. Konsep ini diperkenalkan secara luas oleh *Microsoft* melalui *Security Development Lifecycle*, yang menekankan integrasi keamanan sejak tahap awal pengembangan perangkat lunak (Howard & Lipner, 2006). Tahapan SSDLC meliputi:

## Daftar Pustaka

- Anderson, R. (2020). *Security Engineering: A Guide To Building Dependable Distributed Systems (3rd ed.)*. Wiley.
- Howard, M., & Lipner, S. (2006). *The Security Development Lifecycle*. Microsoft Press.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2020). *Panduan Keamanan Siber Nasional*. Jakarta: Kominfo.
- Kizza, J. M. (2017). *Guide to Computer Network Security (5th ed.)*. Springer.
- McGraw, G. (2006). *Software Security: Building Security In*. Addison-Wesley.
- Nugroho, A. (2019). *Rekayasa Perangkat Lunak Berbasis Objek Dengan Metode UML*. Yogyakarta: Andi.
- Rahardjo, B. (2018). *Keamanan Sistem Informasi*. Bandung: Informatika.
- Scambray, J., McClure, S., & Kurtz, G. (2015). *Hacking Exposed: Network Security Secrets & Solutions (7th ed.)*. McGraw-Hill.
- Stuttard, D., & Pinto, M. (2011). *The Web Application Hacker's Handbook: Finding and Exploiting Security Flaws (2nd ed.)*. Wiley.
- Weidman, G. (2014). *Penetration Testing: A Hands-On Introduction to Hacking*. No Starch Press.
- Whitman, M. E., & Mattord, H. J. (2018). *Principles of Information Security (6th ed.)*. Cengage Learning.

## PROFIL PENULIS



### **Lindung Siswanto, S.Kom., M.Eng.**

Merupakan salah satu dosen tetap di Politeknik Negeri Pontianak dengan keahlian di bidang pemrograman web, *cloud computing*, dan sistem keamanan informasi. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Komputer di Sekolah Tinggi Teknologi Informasi Respati Yogyakarta (kini Universitas Respati Yogyakarta), kemudian melanjutkan studi Magister Teknologi


Informasi di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, dengan fokus pada pengembangan sistem informasi dan teknologi keamanan.

Aktif mengembangkan metode pembelajaran berbasis praktik, menyusun modul dan bahan ajar, serta membimbing mahasiswa dalam berbagai proyek teknologi informasi, khususnya di bidang pengembangan aplikasi web dan sistem berbasis *cloud*. Secara rutin terlibat sebagai pembicara seminar dan pelatihan yang membahas topik web modern, keamanan siber.

Selain kegiatan pengajaran, juga aktif dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat di bidang teknologi informasi, dengan fokus pada peningkatan literasi *digital*, keamanan data, dan penerapan teknologi informasi di lingkungan pendidikan serta industri lokal.

Untuk mendukung kompetensi profesional, telah memiliki sejumlah sertifikasi internasional, antara lain *Certified Web Developer* (CWDEV), *Certified Ethical Hacker* (CEH), dan *Certified Network Defender* (CND), yang memperkuat keahlian di bidang pengembangan aplikasi web yang aman, pengujian keamanan, serta pertahanan jaringan komputer.

Email Penulis: [lindung\\_siswanto@polnep.ac.id](mailto:lindung_siswanto@polnep.ac.id).



**BAB 11**  
**KEWIRAUSAHAAN**  
**TEKNOLOGI**  
**(*TECHNOPRENEURSHIP*)**  
**DALAM ILMU KOMPUTER**

---

**Zainudin, S.Kom., M.Kom.**  
Universitas Pamulang



## Pengertian *Technopreneurship*

*Technopreneurship* merupakan kunci penting dalam menghadapi transformasi ekonomi *digital*. Dengan menggabungkan inovasi teknologi, kreativitas, dan kemampuan bisnis, *technopreneur* dapat menciptakan solusi baru, membuka peluang usaha, serta mendorong pertumbuhan ekonomi di era *digital* (Prof. Dr. Ir. Ni Wayan Sri Ariyani, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. dan Dr. Ir. I Ketut Wiryajati., S.T., M.T., IPU., ASEAN. 2025).

Dalam ekosistem ilmu komputer, sebuah algoritma yang baik atau kode yang efisien hanyalah separuh dari cerita sukses. Separuh sisanya terletak pada bagaimana inovasi teknis tersebut mampu menjawab tantangan nyata di masyarakat dan menciptakan nilai ekonomi yang berkelanjutan. Inilah inti dari *Technopreneurship* sebuah disiplin yang memadukan ketajaman logika komputasi dengan visi strategis kewirausahaan. Seorang *technopreneur* di bidang ilmu komputer tidak hanya berperan sebagai pengembang (*developer*), tetapi juga sebagai arsitek solusi yang memahami bahwa teknologi adalah penggerak (*enabler*), bukan tujuan akhir.

*Technopreneurship* tidak hanya sekadar membangun perusahaan berbasis teknologi, tetapi juga melibatkan proses identifikasi peluang, pengembangan inovasi, hingga komersialisasi produk teknologi yang bernilai ekonomi. Seorang *technopreneur* harus mampu memadukan kemampuan teknis seperti pemrograman, analisis sistem, kecerdasan buatan, dan pengolahan data dengan keterampilan kewirausahaan seperti manajemen bisnis, pemasaran *digital*, dan strategi pengembangan produk.

Selain itu, *technopreneurship* juga berperan dalam menciptakan lapangan kerja baru dan meningkatkan daya saing bangsa di tingkat global. Dengan memanfaatkan teknologi *digital*, para *technopreneur* dapat menghadirkan produk dan layanan yang lebih efisien, efektif, dan mudah diakses oleh masyarakat luas. Oleh karena itu, pendidikan ilmu komputer di perguruan tinggi perlu mendorong mahasiswa untuk tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga pencipta inovasi teknologi yang bernilai ekonomi.

Dengan demikian, *technopreneurship* dalam ilmu komputer merupakan kombinasi antara kemampuan teknis, kreativitas inovatif, dan strategi bisnis yang mampu menghasilkan solusi teknologi yang berdampak positif bagi masyarakat. Melalui pendekatan ini diharapkan lahir generasi *technopreneur* yang mampu memanfaatkan teknologi untuk menciptakan peluang usaha baru serta berkontribusi terhadap perkembangan ekonomi *digital*.

## **Konsep Dasar *Technopreneurship***

*Technopreneurship* merupakan gabungan dari dua konsep utama yaitu teknologi (*technology*) dan kewirausahaan (*entrepreneurship*). Konsep ini menekankan pada pemanfaatan teknologi sebagai dasar dalam menciptakan produk atau layanan yang memiliki nilai ekonomi dan mampu bersaing di pasar global.

Dalam konteks ilmu komputer, *technopreneurship* sering dikaitkan dengan pengembangan perangkat lunak, aplikasi *digital*, sistem informasi, kecerdasan buatan, dan berbagai inovasi berbasis teknologi lainnya. Seorang *technopreneur* tidak hanya fokus pada pengembangan teknologi, tetapi juga harus mampu memahami kebutuhan pasar dan menciptakan solusi yang tepat. Dengan kata lain, *technopreneurship* menuntut adanya kemampuan untuk mengidentifikasi peluang bisnis, mengembangkan produk inovatif, serta mengelola usaha secara efektif dan berkelanjutan (Wulandari. S.E., M.M, dkk, Konsep Dasar membangun *Technopreneurship*, 2021).

### **1. Karakteristik *Technopreneur***

*Technopreneur* memiliki sejumlah karakteristik yang membedakannya dari wirausahawan konvensional Beberapa karakteristik utama *technopreneur* antara lain:

- a. Berorientasi pada inovasi teknologi, yaitu mampu menciptakan atau mengembangkan produk dan layanan berbasis teknologi. Memiliki kemampuan analisis teknologi.
- b. Memiliki kreativitas tinggi, sehingga mampu menemukan ide-ide baru dalam memecahkan masalah melalui teknologi.
- c. Mampu melihat dan memanfaatkan peluang pasar, terutama pada perkembangan teknologi *digital*.

- d. Berani mengambil risiko, karena pengembangan teknologi sering membutuhkan eksperimen dan investasi yang tidak pasti.
- e. Berani mengambil risiko, karena pengembangan teknologi sering membutuhkan eksperimen dan investasi yang tidak pasti.
- f. Adaptif terhadap perubahan teknologi, sehingga dapat mengikuti perkembangan inovasi yang sangat cepat di era *digital*.

Karakteristik tersebut sangat penting karena industri teknologi memiliki dinamika yang sangat cepat. Perusahaan teknologi yang tidak mampu berinovasi akan sulit bertahan dalam persaingan global.

## 2. Jenis-Jenis *Technopreneurship*

*Technopreneurship* merupakan bentuk kewirausahaan yang memanfaatkan teknologi sebagai dasar dalam menciptakan produk, layanan, maupun sistem bisnis. Dalam perkembangannya, *technopreneurship* tidak hanya terbatas pada bidang teknologi informasi saja, tetapi juga mencakup berbagai sektor seperti industri, pertanian, pendidikan, kesehatan, hingga energi. Klasifikasikan *technopreneurship* ke dalam beberapa jenis berdasarkan bidang teknologi yang digunakan maupun model bisnis yang dijalankan (Wulandari, S.E., M.M., dkk. 2021).

### a. *Technopreneurship* Berbasis Teknologi Informasi

Jenis *technopreneurship* yang paling umum adalah *technopreneurship* berbasis teknologi informasi. Jenis ini memanfaatkan teknologi komputer, internet, dan perangkat *digital* untuk menciptakan produk atau layanan yang inovatif. Contohnya adalah bisnis aplikasi *mobile*, *platform e-commerce*, sistem pembayaran *digital*, serta berbagai layanan berbasis internet.

Kewirausahaan teknologi, perkembangan teknologi informasi telah menciptakan peluang bisnis yang sangat besar karena memungkinkan perusahaan menjangkau pasar global dengan biaya yang relatif rendah. Banyak perusahaan *startup* yang lahir dari pemanfaatan teknologi informasi, seperti perusahaan pengembang aplikasi, *platform marketplace*, hingga layanan *digital* berbasis *cloud*.

terutama dalam bidang pengembangan perangkat lunak, kecerdasan buatan, dan keamanan siber.

c. Infrastruktur Teknologi yang Belum merata

Akses internet cepat dan infrastruktur digital di beberapa wilayah Indonesia masih belum optimal, sehingga menghambat pengembangan dan distribusi layanan berbasis teknologi secara merata.

d. Kurangnya Budaya Inovasi dan Riset

Pengembangan produk teknologi yang inovatif sering membutuhkan riset dan pengembangan (*research and development*). Namun, kolaborasi antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah masih perlu diperkuat.

e. Persaingan Global yang Semakin Ketat

*Startup* teknologi di Indonesia harus bersaing dengan perusahaan teknologi internasional yang memiliki sumber daya lebih besar, baik dari sisi teknologi, pendanaan, maupun jaringan pasar.

f. Regulasi dan Kebijakan yang Berkembang

Peraturan terkait ekonomi *digital*, perlindungan data, dan bisnis *digital* masih terus berkembang sehingga terkadang menimbulkan tantangan bagi pelaku usaha dalam menyesuaikan model bisnis mereka.

g. Kemampuan Manajemen Bisnis Teknologi

Banyak pengembang teknologi memiliki kemampuan teknis yang kuat, namun belum diimbangi dengan kemampuan manajemen bisnis, pemasaran *digital*, dan strategi pengembangan pasar.

## Daftar Pustaka

- Ariyani, N. W. S., & Wiryajati, I. K. (2025). *Technopreneurship: Inovasi, Perubahan, Dan Peluang Di Era Digital*.
- Cukier, D., & Kon, F. (2018). A Maturity Model For Software Startup Ecosystems. *Journal Of Innovation And Entrepreneurship*.
- Javaid, et al. (2022). *Diadaptasi Dalam Konsep Triad of Blockchain, Artificial Intelligence (AI), And Big Data With IoT Applications*.
- Shane (2003), Ries (2011), Nambisan (2017), & Zott et al. (2011). *Perbedaan Entrepreneur dan Technopreneur*.
- Wulandari, S. E., dkk. (2021). *Konsep Dasar Membangun Technopreneurship*

## PROFIL PENULIS



### **Zainudin, S.Kom., M.Kom.**

Zainudin, S.Kom., M.Kom. merupakan seorang akademisi yang memiliki minat dan kepakaran di bidang teknologi informasi, khususnya dalam pengembangan sistem informasi, teknologi web, serta kewirausahaan berbasis teknologi (*technopreneurship*). Ketertarikan penulis terhadap dunia komputer dan teknologi *digital* berkembang sejak masa pendidikan tinggi, yang kemudian mengantarkannya untuk menempuh pendidikan di bidang Teknik Informatika. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Informatika di Universitas Pamulang.

Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan Strata 2 (S2) pada Program Studi Magister Komputer di STMIK Eresha dan memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer (M.Kom). Pendidikan tersebut memperkuat kompetensi penulis dalam bidang pengembangan sistem informasi, teknologi *digital*, serta pemanfaatan teknologi informasi dalam berbagai sektor. Dalam aktivitas akademiknya, penulis aktif dalam kegiatan pendidikan, penelitian, serta pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi informasi.

Beberapa bidang yang menjadi fokus kajian penulis antara lain pengembangan sistem informasi, komputasi berbasis web, serta pemanfaatan teknologi *digital* untuk mendorong inovasi dan kewirausahaan di era ekonomi *digital*. Melalui penulisan buku dan karya ilmiah, penulis berharap dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu komputer serta mendorong lahirnya generasi *technopreneur* yang mampu memanfaatkan teknologi untuk menciptakan solusi inovatif bagi masyarakat.

Email Penulis: dosen02377@unpam.ac.id.



**BAB 12**  
**STUDI KASUS:**  
**TRANSFORMASI**  
**DIGITAL DI BERBAGAI**  
**SEKTOR INDUSTRI**

---

**Lilis Supratman, M.Si.**  
Universitas Pakuan



## Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor industri. Organisasi modern tidak lagi hanya mengandalkan proses konvensional dalam menjalankan operasional bisnisnya, tetapi mulai mengintegrasikan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi, inovasi, dan daya saing. Fenomena ini dikenal sebagai transformasi digital, yaitu proses integrasi teknologi *digital* ke dalam seluruh aspek organisasi yang secara fundamental mengubah cara organisasi beroperasi dan memberikan nilai kepada pelanggan (Vial, 2019).

Transformasi digital tidak hanya berkaitan dengan penerapan teknologi baru, tetapi juga mencakup perubahan dalam proses bisnis, model operasional, struktur organisasi, serta budaya kerja. Teknologi seperti *cloud computing*, *big data analytics*, *Artificial Intelligence (AI)*, *Internet of Things (IoT)*, dan *machine learning* menjadi faktor utama yang mendorong perubahan tersebut (Westerman *et al.*, 2014). Dalam konteks global, transformasi *digital* semakin dipercepat oleh munculnya konsep Revolusi Industri 4.0. Konsep ini menekankan integrasi antara sistem fisik dan *digital* melalui teknologi cerdas yang mampu berkomunikasi secara otomatis dan *real-time*. Implementasi teknologi ini memungkinkan organisasi untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengoptimalkan pengambilan keputusan berbasis data, serta menciptakan inovasi dalam produk dan layanan (Schwab, 2017).

Di berbagai sektor industri, transformasi *digital* telah menghasilkan perubahan signifikan dalam cara organisasi berinteraksi dengan pelanggan, mengelola proses operasional, serta menciptakan nilai bisnis. Sektor perbankan, manufaktur, kesehatan, transportasi, dan perdagangan merupakan beberapa industri yang mengalami dampak besar dari transformasi *digital*.

Bab ini membahas berbagai studi kasus transformasi digital pada beberapa sektor industri. Tujuan pembahasan ini adalah untuk memberikan gambaran praktis mengenai bagaimana teknologi *digital* diterapkan dalam organisasi serta dampaknya terhadap efisiensi operasional, inovasi layanan, dan pengembangan model bisnis baru.

## **Konsep Transformasi *Digital***

Transformasi *digital* merupakan proses perubahan organisasi yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan kinerja bisnis serta menciptakan nilai baru bagi pelanggan. Menurut Vial (2019), transformasi *digital* melibatkan perubahan dalam strategi organisasi, proses operasional, struktur organisasi, serta interaksi dengan pelanggan. Transformasi *digital* biasanya mencakup beberapa elemen utama, yaitu:

### **1. Digitalisasi Proses Bisnis**

Digitalisasi merupakan proses mengubah aktivitas manual menjadi sistem berbasis teknologi informasi. Digitalisasi memungkinkan organisasi mengelola data secara lebih efisien dan terintegrasi.

### **2. Integrasi Sistem Informasi**

Organisasi modern memanfaatkan sistem informasi terintegrasi seperti *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Customer Relationship Management* (CRM), dan *Supply Chain Management* (SCM) untuk meningkatkan koordinasi antar departemen.

### **3. Pemanfaatan Data dan Analitik**

Data menjadi aset strategis dalam transformasi *digital*. Melalui teknologi *big data analytics*, organisasi dapat menganalisis data dalam jumlah besar untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat.

### **4. Perubahan Model Bisnis**

Transformasi *digital* sering kali menghasilkan model bisnis baru berbasis *platform digital*, seperti *marketplace*, layanan berbasis aplikasi, dan ekonomi berbagi (*sharing economy*). Keberhasilan transformasi *digital* tidak hanya bergantung pada teknologi yang digunakan, tetapi juga pada kesiapan organisasi dalam mengelola perubahan tersebut. Faktor seperti kepemimpinan, budaya organisasi, kompetensi sumber daya manusia, serta strategi implementasi teknologi memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan transformasi *digital* (Westerman *et al.*, 2014).

## Studi Kasus Transformasi *Digital* di Berbagai Sektor Industri

### 1. Transformasi Digital di Sektor Perbankan

Sektor perbankan merupakan salah satu industri yang paling cepat mengadopsi teknologi *digital*. Perkembangan teknologi finansial (*fintech*) serta meningkatnya kebutuhan layanan keuangan yang cepat dan fleksibel mendorong bank untuk melakukan digitalisasi layanan mereka.

Salah satu bentuk transformasi *digital* di sektor perbankan adalah pengembangan layanan *mobile banking* dan *internet banking*. Melalui layanan ini, nasabah dapat melakukan berbagai transaksi seperti transfer dana, pembayaran tagihan, pembelian produk keuangan, serta pengelolaan rekening secara *online* tanpa harus mengunjungi kantor cabang.

Contoh implementasi transformasi digital di Indonesia dapat dilihat pada pengembangan layanan *mobile banking* oleh beberapa bank besar. Layanan ini memanfaatkan teknologi *cloud computing* dan sistem keamanan digital untuk memastikan transaksi dapat dilakukan secara aman dan efisien. Selain itu, banyak bank juga mulai memanfaatkan teknologi *artificial intelligence* untuk meningkatkan kualitas layanan pelanggan.

Misalnya, *chatbot* berbasis AI digunakan untuk menjawab pertanyaan nasabah secara otomatis. Teknologi ini memungkinkan bank memberikan layanan pelanggan selama 24 jam. Bank juga memanfaatkan teknologi *big data analytics* untuk menganalisis perilaku nasabah serta mengidentifikasi peluang bisnis baru. Data transaksi nasabah dapat digunakan untuk memahami kebutuhan pelanggan serta mengembangkan produk keuangan yang lebih sesuai dengan kebutuhan pasar.

Transformasi *digital* di sektor perbankan memberikan berbagai manfaat, antara lain meningkatkan efisiensi operasional, mempercepat proses transaksi, serta meningkatkan pengalaman pelanggan.

### 2. Transformasi Digital di Sektor Manufaktur

Industri manufaktur mengalami perubahan besar dengan hadirnya konsep Industry 4.0. Konsep ini mengintegrasikan teknologi *digital*

## Daftar Pustaka

- Berman, S. J. (2012). Digital Transformation: Opportunities To Create New Business Models. *Strategy & Leadership*, 40(2), 16–24.
- Bharadwaj, A., El Sawy, O., Pavlou, P., & Venkatraman, N. (2013). Digital Business Strategy: Toward A Next Generation of Insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, And Prosperity In A Time Of Brilliant Technologies*. W.W. Norton.
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2014). Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative. *MIT Sloan Management Review*, 55(2), 1–12.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). *Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation*. MIT Sloan Management Review.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2015). How Smart, Connected Products Are Transforming Companies. *Harvard Business Review*, 93(10), 96–114.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
- Sebastian, I., Ross, J., Beath, C., Mocker, M., Moloney, K., & Fonstad, N. (2017). How Big Old Companies Navigate Digital Transformation. *MIS Quarterly Executive*, 16(3), 197–213.
- Tilson, D., Lyytinen, K., & Sørensen, C. (2010). Digital Infrastructures: The Missing IS Research Agenda. *Information Systems Research*, 21(4), 748–759.
- Vial, G. (2019). Understanding Digital Transformation: A Review And Research Agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology Into Business Transformation*. Harvard Business Review Press.
- Yoo, Y., Henfridsson, O., & Lyytinen, K. (2010). Research Commentary: The New Organizing Logic of Digital Innovation. *Information*

## PROFIL PENULIS



### **Lilis Supratman, M.Si.**

Lilis Supratman adalah seorang dosen dari lima bersaudara yang bertempat tinggal di Kota Bogor. Selama mengabdikan diri di Universitas Pakuan Bogor sejak tahun 2007, menulis merupakan hobinya. Membaca adalah cara kita menyerap hikmah dari dunia, dan menulis adalah cara kita mengembalikan kebaikan itu kepada dunia. Saat kita membaca, kita memperluas pandangan dan menguatkan hati; saat kita menulis, kita meninggalkan jejak pemikiran agar orang lain ikut merasakan cahaya yang pernah menyinari kita. Tak perlu menjadi hebat dulu untuk mulai menulis, justru dengan menulis kita tumbuh, belajar, dan akhirnya memberi arti. Membaca dan menulis adalah pasangan serasi dalam memahami alam sekitar. Oleh karena itu, pahami bahwa "Cuplikan media sosial bisa menggiring persepsi. Tapi melalui buku, memberikan pemahaman yang utuh".

Email Penulis: [lilis@unpak.ac.id](mailto:lilis@unpak.ac.id).

# ILMU KOMPUTER

## Landasan Teoretis, Implementasi Praktis, dan Ragam Aplikasi

Buku ini disusun sebagai respons terhadap pesatnya perkembangan teknologi informasi yang telah merambah ke seluruh sendi kehidupan manusia. Ilmu komputer, yang dahulu mungkin dianggap sebagai bidang yang elitis, kini telah menjadi fondasi utama dalam berbagai sektor, mulai dari pendidikan, ekonomi, kesehatan, hingga hiburan. Penulisan buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif dan sistematis tentang ilmu komputer, tidak hanya sebagai sekumpulan teori abstrak, tetapi juga sebagai disiplin ilmu yang memiliki implementasi praktis dan ragam aplikasi yang luas. Materi dalam buku ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara konsep teoretis yang mendasar dan penerapannya di dunia nyata. Dengan demikian, pembaca diharapkan tidak hanya memahami "apa" dan "mengapa" di balik sebuah teknologi, tetapi juga "bagaimana" teknologi tersebut dapat diaplikasikan untuk memecahkan berbagai persoalan. Lebih rinci pembahasan pada buku ini meliputi:

1. Pengantar Ilmu Komputer dan Fondasi Logika Matematis
2. Model Komputasi, Algoritma, dan Struktur Data
3. Sistem Komputasi Terdistribusi dan Paralel
4. Jaringan Komputer dan Protokol Komunikasi Data
5. Keamanan Informasi dan Keamanan Siber
6. Sistem Basis Data serta Pengelolaan Big Data
7. Kecerdasan Buatan, Pembelajaran Mesin, dan Robotika
8. Pengolahan Citra Digital dan Sinyal Suara
9. Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), dan Metaverse
10. Keamanan Perangkat Lunak dan Pengujian Penetrasi
11. Kewirausahaan Teknologi (Technopreneurship) dalam Ilmu Komputer
12. Studi Kasus: Transformasi Digital di Berbagai Sektor Industri