



# TREN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IoT) 2022-2024 DAN PROYEKSI MASA DEPAN

Dewa Ketut Satriawan Suditresnajaya

NIM: 2429101036

Program Studi Magister Ilmu Komputer

Universitas Pendidikan Ganesha

# AGENDA PRESENTASI



## Pendahuluan dan Latar Belakang

Definisi dan perkembangan IoT



## Tinjauan Tren IoT 2022-2024

Tiga tren utama yang teridentifikasi



## Proyeksi Masa Depan

Jangka pendek, menengah, dan panjang



## Metodologi Penelitian

Sumber dan pendekatan analisis



## Analisis Perspektif Utama

Teknologi, bisnis, sosial, keberlanjutan



## Kesimpulan

Ringkasan dan rekomendasi

Pendahuluan

Metodologi

Tren

Analisis

Proyeksi

Kesimpulan

# PENDAHULUAN DAN LATAR BELAKANG

## Definisi Internet of Things

Jaringan perangkat fisik yang terhubung dan bertukar data melalui internet, menciptakan ekosistem terintegrasi yang mengubah cara kita berinteraksi dengan lingkungan dan teknologi.

## Peranan dalam Transformasi Digital

Enabler utama untuk otomatisasi proses, smart environments, dan model bisnis baru yang mendorong inovasi dan efisiensi operasional di berbagai sektor industri.

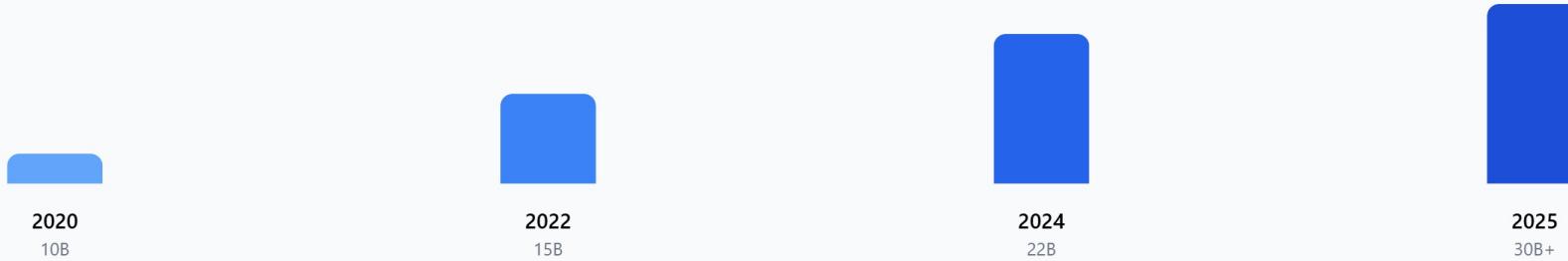
## Signifikansi Global

Jumlah perangkat IoT diproyeksikan mencapai lebih dari 30 miliar pada 2025, menciptakan ekosistem data dan koneksi yang belum pernah terjadi sebelumnya.

## Adopsi di Berbagai Sektor

Penetrasi IoT yang meluas di manufaktur, kesehatan, pertanian, transportasi, dan kota pintar, masing-masing dengan kebutuhan dan manfaat spesifik.

Pertumbuhan Perangkat IoT Global (Miliar)



# METODOLOGI PENELITIAN

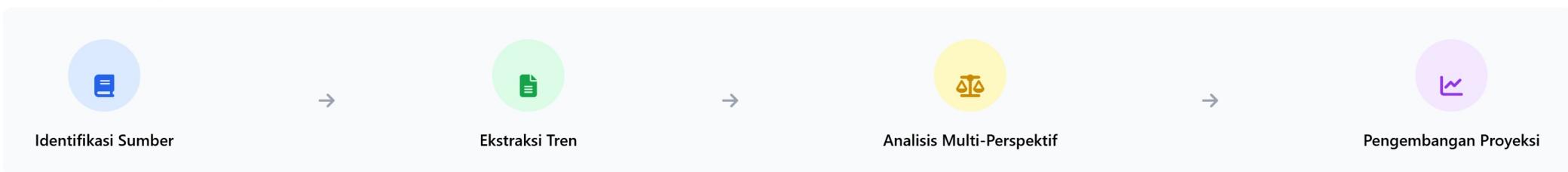
## Q Pendekatan

- ✓ Analisis kualitatif berbasis literatur
- ✓ Identifikasi tren utama dari sumber terpilih
- ✓ Sintesis temuan dari perspektif berbeda
- ✓ Analisis proyeksi berdasarkan data terkini

## V Kriteria Seleksi

- ✓ Sumber dari jurnal akademik & laporan industri terkemuka
- ✓ Diterbitkan dalam periode 2022-2025
- ✓ Fokus pada tren teknologi IoT terkini
- ✓ Mencakup proyeksi masa depan berbasis data

## Alur Metodologi



# SUMBER-SUMBER UTAMA



## Artikel Akademik

### Edge Computing: Architecture, Applications, and Future Challenges in a Decentralized Era

Vinod Veeramachaneni (2025)

**Fokus:** Arsitektur edge computing dan integrasinya dengan IoT dalam konteks Industri 5.0, membahas pengurangan latensi hingga 40% dan peningkatan efisiensi sumber daya hingga 35%.



## Laporan McKinsey

### The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity

Michael Chui, Mark Collins, Mark Patel, dan Christopher Thomas (2023)

**Fokus:** Proyeksi nilai ekonomi IoT hingga 2030 mencapai \$12.6 triliun, analisis tren adopsi di berbagai industri, dan perkembangan model bisnis berbasis IoT.



## Laporan Deloitte

### 2023 Technology, Media and Telecommunications Predictions: The 5G Factor

Paul Lee, Ariane Bucaille, dan Kevin Westcott (2022)

**Fokus:** Analisis bagaimana teknologi 5G bertransformasi dan memperkuat ekosistem IoT, termasuk pertumbuhan jaringan 5G privat dan implementasi network slicing untuk aplikasi IoT kritis.

# TREN #1: EDGE COMPUTING DAN KOMPUTASI TERDISTRIBUSI

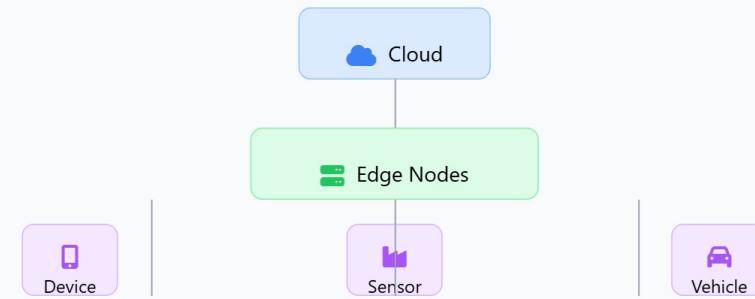
## Definisi & Konsep

Pemrosesan data lebih dekat dengan sumbernya (edge devices dan nodes), mengurangi kebutuhan transmisi data ke cloud dan meningkatkan waktu respons untuk aplikasi kritis.

## Keunggulan Terukur

- ✓ Pengurangan latensi hingga 40%
- ✓ Peningkatan efisiensi sumber daya hingga 35%
- ✓ Indeks privasi data mencapai 95% melalui enkripsi lokal

## Arsitektur Edge Computing



## Implementasi dalam Industri 5.0

- ❤️ Pemantauan kesehatan real-time dengan deteksi anomali
- ✖️ Pemeliharaan prediktif di manufaktur dengan pengurangan downtime
- 🤖 Kolaborasi manusia-mesin yang responsif

## TREN #2: PERCEPATAN NILAI EKONOMI IoT

\$ Proyeksi Nilai Ekonomi Global IoT



### ↳ Pergeseran Fase Adopsi

- Dari proof-of-concept menuju implementasi skala penuh
- 73% perusahaan melaporkan nilai bisnis signifikan dari investasi IoT
- ROI terukur dan nilai bisnis yang terverifikasi

### ↳ Model Bisnis Baru

#### IoT-as-a-Service

Mengurangi biaya awal dan kompleksitas implementasi

#### Outcome-based Pricing

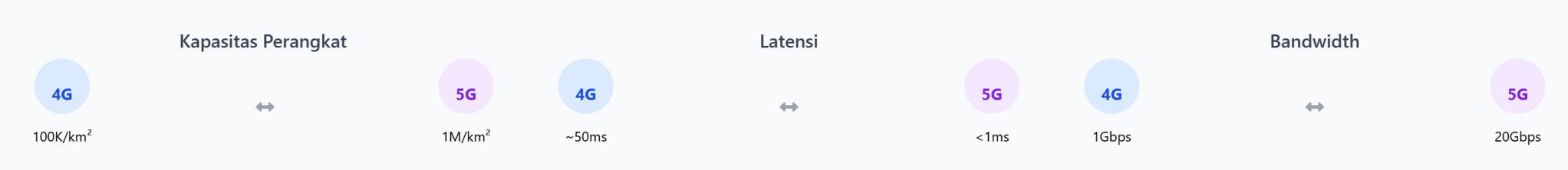
Pembayaran berdasarkan hasil yang dicapai

#### Data-as-a-Service

Monetisasi insights dari data IoT

## TREN #3: INTEGRASI IoT DENGAN 5G

### Perbandingan Teknologi Konektivitas



### "↑" Jaringan 5G Privat untuk IoT

Pertumbuhan 3x lipat implementasi jaringan 5G privat untuk aplikasi IoT industri selama 2022-2024.

#### Use Cases Utama:

- (factory automation)
- (remote asset monitoring)
- (occupational safety systems)

### Network Slicing untuk IoT

QoS (Quality of Service) terjamin untuk aplikasi IoT kritis melalui segmentasi jaringan virtual yang terisolasi.

#### Slice Kritis

Ultra-low latency (telemedicine, otomasi)

#### Slice Broadband

High throughput (video surveillance)

#### Slice Masif

Koneksi perangkat dalam jumlah besar

# PERSPEKTIF TEKNOLOGI

## Arsitektur Edge Computing

Sistem terdesentralisasi dengan hierarki pemrosesan data yang lebih efisien dari edge devices, edge nodes, hingga cloud servers, memungkinkan pemrosesan data lokal yang lebih cepat dan privasi yang lebih baik.

## Evolusi Protokol Komunikasi

- ✓ MQTT-SN dengan optimasi efisiensi energi
- ✓ LoRaWAN dan NB-IoT untuk koneksi jarak jauh
- ✓ Standar Matter untuk interoperabilitas

## Network Slicing untuk QoS

Teknologi 5G yang memungkinkan segmentasi jaringan virtual terisolasi untuk menjamin QoS bagi aplikasi IoT dengan kebutuhan berbeda seperti bandwidth tinggi untuk video surveillance atau latensi rendah untuk aplikasi misi kritis.

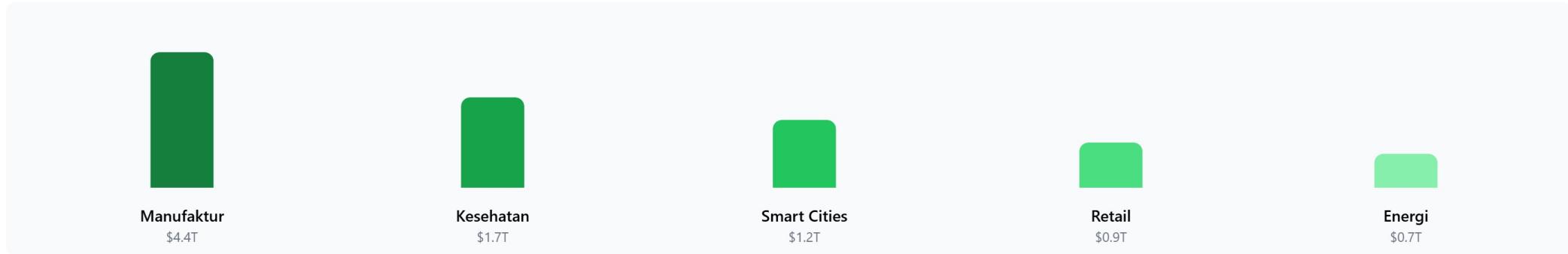
- Ultra-low latency slice
- High bandwidth slice
- Massive IoT slice

## Keamanan dan Privasi Data

- 🔒 Enkripsi end-to-end menjadi standar
- 🔐 Secure boot dan manajemen kunci berbasis hardware
- 👤 Zero Trust Architecture dalam deployment IoT enterprise

# PERSPEKTIF BISNIS DAN EKONOMI

## Proyeksi Nilai IoT per Sektor 2030



## Maturitas Implementasi

- 2020-21** Fase Eksperimental  
Fokus pada proof-of-concept
- 2022-23** Fase Pertumbuhan  
Implementasi skala penuh
- 2024+** Fase ROI Terukur  
73% perusahaan melaporkan nilai bisnis signifikan

## Model Bisnis Baru

- IoT-as-a-Service**  
Mengurangi biaya awal dan kompleksitas implementasi melalui model berlangganan
- Outcome-based Pricing**  
Pelanggan membayar berdasarkan hasil yang dicapai, bukan untuk teknologi
- Data-as-a-Service**  
Monetisasi insights dari data IoT melalui analytics lanjutan

# PERSPEKTIF SOSIAL

## Transformasi Pola Kerja

- 💻 Otomatisasi dan monitoring yang lebih ekstensif
- 🎓 Kebutuhan reskilling tenaga kerja
- 💡 Adaptasi organisasi terhadap teknologi baru

## Kolaborasi Manusia-Mesin

Dalam Industri 5.0, IoT melalui edge computing mendukung kolaborasi yang lebih harmonis, dimana teknologi melengkapi kemampuan manusia, bukan menggantikannya.



Manusia

Kreativitas, Empati, Pengambilan Keputusan



Mesin

Analisis Data, Presisi, Monitoring

## Kesenjangan Digital

Manfaat IoT belum merata terdistribusi. Daerah pedesaan dan negara berkembang masih menghadapi hambatan infrastruktur dan biaya.

### Solusi Inklusif:

- ✓ IoT khusus konteks low-resource
- ✓ Irrigasi cerdas ber tenaga surya untuk petani kecil
- ✓ Solusi kesehatan jarak jauh untuk daerah remote

## Privasi dan Etika



### Pengawasan

Perdebatan tentang batasan pengumpulan data IoT di ruang publik dan tempat kerja



### Persetujuan

Tantangan mendapatkan persetujuan yang bermakna dalam lingkungan IoT yang pervasif

# PERSPEKTIF KEBERLANJUTAN DAN LINGKUNGAN

## Efisiensi Sumber Daya

Studi McKinsey menunjukkan potensi pengurangan konsumsi energi hingga 20% di sektor industri dan bangunan komersial melalui solusi IoT.

### Penghematan Energi Potensial



## Edge Computing untuk Efisiensi Energi

Edge computing berkontribusi pada penghematan energi dengan mengurangi kebutuhan transmisi data jarak jauh ke cloud, sekaligus meningkatkan waktu respons.



Cloud-Only



Edge+Cloud

35% pengurangan bandwidth

28% penghematan energi keseluruhan

## Desain Berkelanjutan

- ✓ Material yang dapat didaur ulang dan ramah lingkungan
- ✓ Desain modular untuk memfasilitasi perbaikan dan upgrade
- ✓ Skema take-back dan daur ulang oleh produsen
- ✓ Optimasi konsumsi daya perangkat IoT

## Aplikasi Smart Grid

IoT memungkinkan integrasi energi terbarukan secara lebih efisien ke dalam jaringan listrik melalui monitoring dan pengelolaan real-time.



Penyeimbangan beban dan permintaan secara dinamis



Pengoptimalan distribusi energi terbarukan



Manajemen penyimpanan energi terdistribusi

# PROYEKSI JANGKA PENDEK (1-2 TAHUN)

## 1 Akselerasi Edge Computing

Pertumbuhan Implementasi Edge:

+45%

Peningkatan signifikan implementasi edge computing di sektor manufaktur dan smart cities untuk mengurangi latensi dan meningkatkan privasi data.

Manufaktur

Smart Cities

## 2 Jaringan 5G Privat

Pertumbuhan Tahunan:

+35%

Pertumbuhan signifikan implementasi jaringan 5G privat untuk use case IoT industri, termasuk otomatisasi pabrik, monitoring aset, dan keselamatan pekerja.

Use Cases Utama:



Otomatisasi



Monitoring



Keselamatan

## 3 Standarisasi Keamanan

Implementasi penuh dan adopsi standar keamanan IoT yang lebih komprehensif, termasuk EU Cyber Resilience Act dan standar keamanan IoT serupa di berbagai negara.

Standar Utama:

- ✓ EU Cyber Resilience Act
- ✓ IoT Security Foundation Framework
- ✓ NIST IoT Device Cybersecurity Requirement

## 4 Integrasi AI Edge

Peningkatan integrasi teknologi AI yang berjalan pada perangkat edge, memungkinkan pemrosesan lokal yang lebih cerdas dengan kebutuhan bandwidth minimal.

Aplikasi Utama:

Computer Vision

Speech Recognition

Anomaly Detection

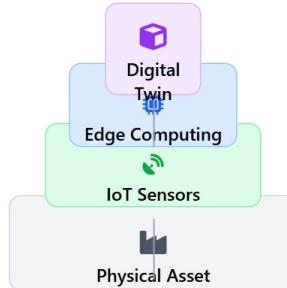
Predictive Maintenance

# PROYEKSI JANGKA MENENGAH (3-5 TAHUN)

## Konvergensi Digital Twin

Konvergensi yang lebih dalam antara IoT, edge computing, dan digital twin menjadi standar dalam desain dan operasi sistem kompleks.

### Ekosistem Digital Twin



Optimasi real-time dan prediksi kegagalan yang lebih akurat

## Perluasan Sektor Kesehatan & Transportasi

### Peningkatan Nilai:

+30%

### Kesehatan

- ✓ Telemedicine berbasis IoT
- ✓ Monitoring pasien jarak jauh
- ✓ Digital therapeutics

### Transportasi

- ✓ Sistem transportasi pintar
- ✓ Logistik dan supply chain IoT
- ✓ V2X communication

## Evolusi Menuju Outcome Economy

Model bisnis bergeser dari penjualan perangkat atau software menuju nilai berbasis hasil dan pengaruh yang terukur, dengan model pay-per-outcome mendominasi ekosistem IoT.

### Pergeseran Model Bisnis

Product-based  
2010-2020

Perangkat IoT

Service-based  
2020-2025

IoT-as-a-Service

Outcome-based  
2025-2030

Pay-per-Outcome

# PROYEKSI JANGKA PANJANG (5+ TAHUN)

## ⌚ Ambient Intelligence

IoT menjadi sedemikian terintegrasi dengan lingkungan fisik sehingga hampir tak terlihat. Interaksi berbasis konteks, intuitif, dan adaptif tanpa intervensi eksplisit.

### Karakteristik:

- ✓ Non-invasif dan pervasif
- ✓ Context-aware dan responsive
- ✓ Anticipatory dan proaktif
- ✓ Bervariasi di berbagai domain kehidupan

## 📶 Jaringan 6G untuk IoT

Proliferasi jaringan 6G yang masih dalam penelitian awal diproyeksikan akan memberikan kemampuan baru untuk IoT dengan kecepatan 100x dibanding 5G dan latensi mendekati instan.

### Perbandingan:

	5G	6G
Kecepatan	20 Gbps	1 Tbps
Latensi	1ms	0.1ms
Devices/km <sup>2</sup>	1M	10M
Spektrum	Sub-6GHz, mmWave	THz, Visible Light

## ♻️ Enabler Ekonomi Sirkular

IoT berperan krusial dalam mencapai target Net Zero dengan memungkinkan pelacakan dan optimasi penggunaan sumber daya di seluruh rantai nilai.



## 🤖 Sistem Otonom Canggih

Transformasi sistem autonomi dengan edge AI yang lebih canggih, memungkinkan pengambilan keputusan mandiri dan adaptif berdasarkan data dan konteks real-time.

### Aplikasi:

🚗 Kendaraan Otonom  
Level 5 autonomy

🤖 Cobots Industri  
Adaptif & self-learning

[UAV Swarms  
Koordinasi kolektif]

🏗️ Infrastruktur  
Self-healing systems

# TANTANGAN DAN PELUANG

## Keamanan dan Privasi

### Tantangan:

- ! Meningkatnya surface attack seiring pertumbuhan perangkat terhubung
- ! Kerentanan pada perangkat low-power dengan kapabilitas komputasi terbatas
- ! Risiko privasi dari pengumpulan data yang ekstensif

### Peluang:

- + Pendekatan Secure-by-Design dari awal pengembangan
- + Privacy-preserving analytics dan federated learning
- + Standar keamanan yang lebih kuat dan regulasi yang harmonis

## Interoperabilitas dan Standardisasi

### Tantangan:

- ! Ekosistem IoT yang terfragmentasi dengan berbagai protokol berbeda
- ! Vendor lock-in dan keterbatasan pertukaran data antar platform
- ! Kompatibilitas terbatas antara solusi lama dan baru

### Peluang:

- + Adopsi standar terbuka seperti Matter dan Thread
- + Platform middleware untuk integrasi antar perangkat heterogen
- + API standar dan semantic interoperability

## Manajemen Sumber Daya

### Tantangan:

- ! Alokasi kapasitas komputasi secara dinamis di jaringan edge
- ! Konsumsi energi perangkat IoT dalam jumlah masif
- ! Limbah elektronik dan penggunaan sumber daya terbatas

### Peluang:

- + Energy harvesting dari sumber ambient untuk perangkat self-powered
- + Algoritma adaptif untuk optimasi sumber daya
- + Material bio-degradable untuk komponen IoT

## Keterampilan Digital

### Tantangan:

- ! Kesenjangan keterampilan untuk implementasi dan pengelolaan IoT
- ! Kurikulum pendidikan yang belum mengikuti perkembangan teknologi
- ! Resistensi terhadap perubahan dalam organisasi

### Peluang:

- + Program upskilling dan reskilling untuk tenaga kerja
- + Kolaborasi industri-akademia untuk kurikulum berbasis IoT
- + Platform no-code/low-code untuk demokratisasi IoT

# KESIMPULAN

## ↳ Ringkasan Tren Utama

### 1 Edge Computing

Komputasi terdesentralisasi yang meningkatkan responsivitas dan privasi

### 2 Nilai Ekonomi IoT

Pertumbuhan signifikan dan ROI terukur di berbagai sektor industri

### 3 Integrasi dengan 5G

Konektivitas yang lebih cepat, handal, dan mampu mendukung device dalam jumlah masif

## 💡 Signifikansi dalam Transformasi Digital

Tren ini merefleksikan evolusi IoT menuju tingkat kematangan yang lebih tinggi dengan fokus pada:

- ✓ Nilai bisnis yang terukur dan ROI yang jelas
- ✓ Keamanan dan privasi yang lebih terintegrasi
- ✓ Keberlanjutan sebagai pertimbangan desain utama
- ✓ Integrasi lebih mendalam dengan AI dan digital twin

## 📍 Implikasi untuk Indonesia

### Prioritas:

- Pengembangan infrastruktur digital yang inklusif
- Regulasi yang mendukung inovasi dengan perlindungan data
- Pengembangan talent pool IoT melalui pendidikan dan pelatihan
- Incentif untuk UMKM dalam adopsi teknologi IoT

## 📋 Rekomendasi Penelitian Lanjutan

- 💡 IoT berkelanjutan untuk konteks negara berkembang
- 💡 Solusi keamanan IoT yang cost-effective
- 💡 Model bisnis IoT yang sesuai untuk UMKM Indonesia
- 💡 Strategi adopsi edge computing untuk infrastruktur yang ada

# REFERENSI

## Sumber-sumber Utama

Veeramachaneni, V. (2025). "Edge Computing: Architecture, Applications, and Future Challenges in a Decentralized Era." *Journal of Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 7(2), 145-163.

Chui, M., Collins, M., Patel, M., & Thomas, C. (2023). "The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity." *McKinsey Digital*. McKinsey & Company.

Lee, P., Bucaille, A., & Westcott, K. (2022). "2023 Technology, Media and Telecommunications Predictions: The 5G Factor." *Deloitte Insights*. Deloitte Development LLC.

## Sumber-sumber Pendukung

World Economic Forum. (2023). "State of the Connected World 2023 Edition." *Insight Report*. World Economic Forum.

Gartner, Inc. (2024). "Top Strategic Technology Trends for 2025." *Gartner Research*.

International Telecommunication Union. (2023). "The State of Broadband 2023: Sustainable Broadband for All." *ITU Publications*.

## Sumber Gambar dan Data

- Gambar diagram edge computing diadaptasi dari Veeramachaneni (2025)
- Data proyeksi nilai ekonomi IoT dari McKinsey Digital (2023)
- Perbandingan teknologi 5G dan 6G dari IEEE Spectrum (2023)
- Ikon dan ilustrasi berbasis visualisasi dari Font Awesome dan Tailwind CSS

Terima kasih atas perhatian Anda