

MENYELAMI DUNIA JARINGAN

KONSEP DAN APLIKASI DI ERA KONEKTIVITAS

Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 100.000.000, - (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/ atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/ atau huruf h untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 500.000.000, - (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/ atau tanpa izin pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/ atau huruf g untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 1.000.000.000, - (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 4.000.000.000, - (empat miliar rupiah).

MENYELAMI DUNIA JARINGAN

KONSEP DAN APLIKASI DI ERA KONEKTIVITAS

Miko Mei Irwanto, S.T., M.T
Rohmat Gunawan, S.T., M.T
Rikie Kartadie, S.T., M.Kom.
Murti Retnowo, S.Kom., M.Cs.
Rizki Rizkyatul Basir, M.Kom
M. Agung Nugroho, S.Kom., M.Kom
Ir. Agus Suhendar. S.T., M.Eng
Nahot Frastian, S.Kom, M.Kom



MENYELAMI DUNIA JARINGAN

KONSEP DAN APLIKASI DI ERA KONEKTIVITAS

Diterbitkan pertama kali oleh Penerbit Diva Pustaka

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

All Right Reserved

Hak penerbitan pada Penerbit Diva Pustaka

**Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
seluruh isi buku ini tanpa seizin tertulis dari Penerbit**

Cetakan Pertama: Desember 2025

15,5 cm x 23 cm

ISBN: 978-634-7427-60-1

Penulis:

Miko Mei Irwanto, S.T., M.T., Rohmat Gunawan, S.T., M.T, Rikie Kartadie, S.T., M.Kom., Murti Retnowo, S.Kom., M.Cs., Rizki Rizkyatul Basir, M.Kom, M. Agung Nugroho, S.Kom., M.Kom, Ir. Agus Suhendar. S.T., M.Eng, Nahot Frastian, S.Kom, M.Kom

Editor:

Rikie Kartadie, S.T., M.Kom.

Desain Cover:

Tata Letak:

M. Syafa'atul K

Diterbitkan Oleh:

CV. Diva Pustaka

Anggota IKAPI: No. 222/JTE/2021

E-mail: divapustaka@gmail.com

Website: www.divapustaka.co.id

Whatsapp: 0813-3144-1992

Perum Mutiara Regency 2 Blok D7,
Kelurahan Wirasana, Kecamatan Purbalingga
Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah 53318

KATA PENGANTAR

Dengan penuh antusiasme, saya menyambut Anda, pembaca yang luar biasa, ke dalam *Menyelami Dunia Jaringan: Konsep dan Aplikasi di Era Konektivitas*. Buku ini lahir dari semangat kolaboratif untuk mengungkap lapisan-lapisan misterius yang membentuk dunia digital kita, di mana jaringan bukan lagi sekadar kabel dan sinyal, melainkan denyut nadi yang menghidupkan inovasi, kolaborasi, dan transformasi sehari-hari.

Bayangkan: dari hembusan 5G yang memungkinkan kendaraan otonom melaju mulus, hingga jaringan Intent-Based yang secara cerdas menafsirkan keinginan bisnis Anda menjadi realitas otomatis. Di sini, kita akan menyelami konteks konektivitas modern, peran jaringan sebagai penghubung manusia dan mesin, serta tantangan seperti keamanan siber yang mengintai di balik kemajuan. Setiap bab dirancang untuk membimbing Anda melangkah lebih dalam, dari fondasi teknis hingga visi masa depan yang berkelanjutan, membekali Anda dengan wawasan praktis untuk menghadapi era di mana segalanya terhubung.

Mari kita telusuri bersama, bukan sebagai pengamat pasif, melainkan sebagai arsitek masa depan. Setiap halaman adalah undangan untuk bertanya, bereksperimen, dan berinovasi. Selamat menyelami dunia jaringan ini; di balik setiap koneksi, ada cerita baru yang menanti Anda ungkap.

Yogyakarta, Desember 2025

Editor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
BAB I JARINGAN DI ERA KONEKTIVITAS DIGITAL:	
KONTEKS KONEKTIVITAS MODERN DAN PERAN ESENSIALNYA DALAM KEHIDUPAN, BISNIS, DAN INOVASI	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Konteks Konektivitas Modern	1
1. Definisi dan Jenis Jaringan	2
2. Teknologi Penunjang Konektivitas	2
C. Jaringan Sebagai Tulang Punggung Era Digital	3
1. Penghubung Perangkat dan Manusia.....	3
2. Kolaborasi dan Produktivitas.....	3
3. Otomatisasi, Bisnis Digital, dan Industri 4.0	3
4. Inovasi Teknologi (IoT, Smart City, Big Data, dsb.)..	3
5. Pendidikan dan Kesehatan Digital	4
D. Dampak Jaringan pada Kehidupan Sehari-hari.....	4
1. Komunikasi Sosial dan Budaya.....	4
2. Pengaruh pada Layanan Publik	4
3. Konsumsi dan Hiburan	4
E. Tantangan dalam Era Jaringan Digital.....	5
1. Keamanan Siber	5
2. Infrastruktur dan Kesenjangan Digital.....	5

3. Kapasitas dan <i>Scalability</i>	5
F. Evolusi dan Masa Depan Jaringan Digital	5
1. 5G dan Beyond.....	5
2. <i>Artificial Intelligence</i> (AI) dalam Manajemen Jaringan	5
3. Jaringan Sadar Lingkungan.....	6
G. Kesimpulan	6
Daftar Pustaka.....	7
Biodata Penulis	8
BAB 2 JARINGAN BERBASIS INTENT (INTENT-BASED NETWORKING)	9
A. Konsep Intent-Based Networking (IBN)	9
1. Intent Profilling	11
2. Intent Translation	11
3. Intent Resolution.....	11
4. Intent Activation	11
5. Intent Assurance	12
B. Pengenalan IBN: Jaringan yang berfokus pada tujuan bisnis, bukan konfigurasi manual.	12
1. Template atau Graphical User Interface (GUI)	13
2. Natural Language Processing (NLP).....	15
3. IBN Language.....	17
4. API atau CLI	19
5. Grammar atau Keyword	21
C. Perbandingan IBN dengan pengelolaan jaringan tradisional	22
D. Aplikasi IBN.....	26

1. Cisco Catalyst Center	26
2. Juniper Apstra	27
3. Hewlett Packard Enterprise (HPE)	28
Daftar Pustaka	31
Biodata Penulis	33
BAB 3 JARINGAN UNTUK EDGE COMPUTING	35
A. Pendahuluan	35
B. Edge Computing dan Jaringan	36
1. Definisi dan Ruang Masalah	36
2. Peran Jaringan: Dari Bit-Pipe ke Platform Layanan	40
3. Komponen Kunci Jaringan untuk Edge Computing	41
4. Pentingnya Jaringan Latensi Rendah untuk Mendukung Edge Computing	44
Daftar Pustaka	53
Biodata Penulis	58
BAB 4 JARINGAN 5G DAN BEYOND	59
A. Teknologi 5G dan Evolusinya	59
B. Arsitektur Jaringan 5G	61
C. Pilar utama 5G	63
1. Enhanced Mobile Broadband (eMBB)	64
2. Massive Machine-Type Communications (mMTC)	64
3. Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC)	66
D. Fitur utama 5G	69
1. Network Slicing	69
2. Multiple Input Multiple Output (massive MIMO)	72

3. Beamforming	75
4. Millimeter-Wave (mmWave).....	76
5. Edge Computing	79
5. Persiapan untuk 6G dan apa yang dijanjikan dimasa depan	80
Daftar Pustaka.....	82
Biodata Penulis	82
BAB 5 KEAMANAN JARINGAN DI ERA ZERO TRUST	87
A. Pendahuluan	87
1. Latar belakang perubahan lanskap jaringan.....	87
2. Munculnya paradigma Zero Trust	88
B. Landasan Konseptual Zero Trust	88
1. Definisi dan ruang lingkup.....	88
2. Prinsip-prinsip utama Zero Trust	89
3. Pilar <i>Zero Trust</i> menurut berbagai kerangka.....	91
C. Perbandingan Zero Trust dengan Model Keamanan Jaringan Tradisional	92
1. Model perimeter klasik (<i>castle-and-moat</i>).....	92
2. Perbedaan mendasar dengan <i>Zero Trust</i>	92
3. Implikasi perubahan model bagi organisasi	93
4. Ringkasan perbandingan dalam bentuk tabel	93
D. Arsitektur dan Komponen Zero Trust.....	95
1. Komponen logis menurut NIST.....	95
2. Integrasi dengan IAM, ZTNA, dan SASE.....	96
3. Model kematangan Zero Trust.....	96
E. Pendekatan Implementasi <i>Zero Trust</i> di Organisasi	97

1. Tahapan strategis implementasi.....	97
2. Implementasi per pilar	98
3. Studi kasus singkat	99
F. Tantangan, Risiko, dan Faktor Keberhasilan	
Implementasi Zero Trust	99
1. Tantangan teknis	99
2. Tantangan organisasional.....	100
3. Strategi mitigasi tantangan.....	100
4. Faktor keberhasilan kunci	100
G. Tren dan Arah Pengembangan Zero Trust ke Depan	101
1. Integrasi <i>Zero Trust</i> dengan AI dan machine learning	101
2. <i>Zero Trust</i> untuk IoT dan OT	101
3. Hubungan <i>Zero Trust</i> dengan regulasi dan standar	102
H. Penutup.....	102
Daftar Pustaka.....	104
Biodata Penulis	106
BAB 6 JARINGAN DAN KECERDASAN BUATAN	107
A. Peran AI dalam Jaringan	107
1. Manajemen jaringan.....	108
2. Optimasi jaringan.....	109
3. Keamanan jaringan.....	110
4. Analisis trafik jaringan.....	111
B. Machine Learning dan Jaringan Komputer	112
1. Konsep dasar machine learning	112
C. Penggunaan AI dalam Sistem Deteksi Intrusi.....	123

D. Implementasi Penggunaan AI pada Jaringan	132
1. Microsoft Sentinel.....	132
2. Palo Alto Next Generation Firewall	133
Daftar Pustaka.....	136
Biodata Penulis	139
BAB 7 INTERNET OF THINGS (IOT).....	141
A. Jaringan untuk Internet of Things (IoT).....	141
B. Kataristik Internet of Things (IOT)	142
C. Tantangan Jaringan IOT	143
1. IOT pada Kawasan pedesaan	144
2. Implementasi IOT di lingkungan ekstrim.	146
D. Skalabilitas dalam IoT	146
E. Heterogenitas pada perangkat IOT	148
F. Efisiensi Energi IOT	151
G. Protokol IoT modern	153
1. Protokol MQTT.....	156
2. Protokol CoAP	158
3. Protokol LoRaWAN.....	159
H. Aplikasi IOT	161
I. Smart Electricity Grid.....	163
Daftar Pustaka.....	166
Biodata Penulis	168
BAB 8 MASA DEPAN JARINGAN: INOVASI DAN PROSPEK, QUANTUM NETWORKING	169
A. Masa Depan Jaringan: Inovasi dan Prospek	169
1. Quantum Networking.....	169

2. Jaringan Berbasis Satelit.....	169
3. Otomatisasi Penuh dalam Jaringan (<i>Autonomous Networking</i>).....	170
B. Dampak Keberlanjutan: Jaringan Hemat Energi dan Ramah Lingkungan.....	171
1. Latar Belakang	171
2. Konsep Jaringan Hemat Energi (<i>Energy-Efficient Networking</i>).....	171
3. Konsep Jaringan Ramah Lingkungan (<i>Green Networking</i>).....	172
4. Integrasi dengan Trend Jaringan Masa Depan.....	172
5. Tantangan Implementasi.....	173
C. Persiapan untuk Masa Depan: Keterampilan yang dibutuhkan Mahasiswa di Bidang Jaringan	173
1. Keterampilan Teknis (Hard Skills)	173
2. Keterampilan Nonteknis (Soft Skills)	174
3. Strategi Pengembangan Diri	175
D. Network	175
1. Masalah rancangan dalam network layer	177
Daftar Pustaka.....	181
Biodata Penulis	183

BAB I

JARINGAN DI ERA KONEKTIVITAS DIGITAL: KONTEKS KONEKTIVITAS MODERN DAN PERAN ESENSIALNYA DALAM KEHIDUPAN, BISNIS, DAN INOVASI

Miko Mei Irwanto, S.T., M.T.

Program Doktoral Ilmu Teknik, Fakultas Teknik Universitas Negeri
Yogyakarta

A. Pendahuluan

Dalam dua dekade terakhir, istilah “era digital” tidak hanya menjadi jargon, melainkan telah menjadi kenyataan yang meresap ke dalam seluruh aspek kehidupan manusia. Salah satu elemen penopang utama dari era ini adalah jaringan. Jaringan bukan sekadar infrastruktur teknis, melainkan telah menjelma menjadi tulang punggung yang memungkinkan komunikasi instan, pengembangan bisnis, inovasi teknologi, pertukaran data real-time, hingga penyelamatan nyawa di bidang medis,. Makalah ini akan mengulas secara komprehensif konteks konektivitas modern, peran jaringan dalam mendukung kehidupan sehari-hari, bisnis, dan inovasi, serta tantangan dan evolusi teknologi jaringan di masa depan.[11][12]

B. Konteks Konektivitas Modern

Konektivitas dalam artian modern tidak hanya berbicara tentang internet. Di balik teknologi Wi-Fi, 5G, fiber optic, hingga cloud, terdapat ekosistem jaringan yang saling terintegrasi. Jaringan digital menghubungkan miliaran perangkat, dari smartphone,

komputer, *server*, hingga sensor IoT dan alat kesehatan,. Tanpa jaringan, perangkat modern hanya akan menjadi benda mati yang terisolasi, tidak mampu berkomunikasi atau bertukar data secara efektif.[1][11]

1. Definisi dan Jenis Jaringan

Secara teknis, jaringan adalah kumpulan perangkat yang saling terhubung untuk berbagi data dan sumber daya. Terdapat beberapa kategori utama:[11]

- *Local Area Network (LAN)*: Menghubungkan perangkat dalam area terbatas, seperti rumah atau kantor. Melalui LAN, perangkat seperti komputer, printer, dan smart TV dapat berbagi sumber daya dan data.[11]

- *Wide Area Network (WAN)*: Membentang lebih luas, menghubungkan berbagai LAN lintas kota, negara, bahkan benua. Misalnya, bank multinasional atau universitas dengan beberapa kampus.[11]

- Jaringan Nirkabel: Meliputi Wi-Fi untuk jarak pendek, Bluetooth, jaringan seluler (3G/4G/5G) untuk mobilitas, dan NFC untuk transaksi mikro.[11]

- *Backbone* dan Serat Optik: Menjadi tulang punggung jaringan kecepatan tinggi, memungkinkan transmisi data antar negara dan benua secara realtime.[11]

2. Teknologi Penunjang Konektivitas

Hadirnya serat optik, satelit, serta teknologi 5G dan edge computing membawa lompatan kecepatan dan kapasitas jaringan,. 5G menghadirkan kecepatan lebih tinggi, latensi lebih rendah, dan mendukung miliaran perangkat IoT serta layanan real-time seperti kendaraan otonom dan telemedicine,[12][13][1]

Selain itu, cloud computing dan edge computing memindahkan beban pemrosesan dari perangkat individu ke pusat

data atau ke edge node terdekat, meningkatkan efisiensi dan skalabilitas.,[12][11]

C. Jaringan Sebagai Tulang Punggung Era Digital

1. Penghubung Perangkat dan Manusia

Jaringan adalah infrastruktur yang memungkinkan pertukaran data dan komunikasi tanpa hambatan geografis., Email, media sosial, *chat, video call, cloud storage, hingga server-hosted applications* semua berjalan di atas ekosistem jaringan yang kompleks.[14][11]

2. Kolaborasi dan Produktivitas

Di sektor bisnis, jaringan memungkinkan kolaborasi tanpa batas waktu dan lokasi,. Teknologi seperti VPN, cloud platform, video conference, dan file sharing memperkuat produktivitas, mendukung konsep remote working, serta memungkinkan perusahaan tumbuh secara global tanpa investasi besar pada infrastruktur fisik.[12][11]

3. Otomatisasi, Bisnis Digital, dan Industri 4.0

Jaringan mendorong otomatisasi di lini manufaktur lewat koneksi mesin, sensor IoT, dan sistem kendali yang memungkinkan pemantauan dan kontrol otomatis. Model bisnis baru seperti fintech, e-commerce, ride sharing, hingga edukasi dan kesehatan digital, semuanya mengandalkan jaringan sebagai fondasi utama,,[13][14][12][11]

4. Inovasi Teknologi (IoT, Smart City, Big Data, dsb.)

Inovasi modern seperti *smart city, big data analytics, AI-driven business*, hingga kendaraan otonom hanya mungkin diwujudkan dengan jaringan yang stabil, cepat, dan aman,. IoT memperluas spektrum perangkat terhubung, dari alat rumah tangga pintar, sistem monitoring lingkungan, hingga jaringan sensor industri.[13][12][11]

5. Pendidikan dan Kesehatan Digital

- Pendidikan: Pembelajaran jarak jauh, ujian daring, penelitian kolaboratif, dan akses literasi global sangat tergantung pada koneksi jaringan yang handal.,[15][1]

- Kesehatan: *Telehealth*, rekam medis digital, dan layanan konsultasi daring makin penting, membantu pemerataan akses kesehatan di wilayah terpencil.[11]

D. Dampak Jaringan pada Kehidupan Sehari-hari

Jaringan tidak hanya merubah pola kerja dan bisnis, tetapi juga membentuk cara manusia berinteraksi, belajar, berkomunikasi, dan menjalani kehidupan.,[1][12]

1. Komunikasi Sosial dan Budaya

Media sosial, aplikasi pesan instan, dan layanan streaming menghubungkan orang dari berbagai latar belakang secara instan, mempercepat pertukaran budaya, informasi, dan kabar dunia.,[15][12][11]

2. Pengaruh pada Layanan Publik

Transportasi pintar, jaringan listrik modern (smart grid), serta sistem air dan pemerintahan elektronik mengandalkan jaringan untuk monitoring dan kendali real-time,. Sistem layanan publik dan keamanan pun memanfaatkan jaringan untuk respons cepat dan koordinasi lintas unit.[14][13][11]

3. Konsumsi dan Hiburan

Streaming musik, film, hingga game online hanya dapat berkembang dengan jaringan yang mumpuni. Layanan cloud gaming terbaru bahkan membutuhkan bandwidth dan latensi yang optimal agar pengalaman pengguna tetap maksimal.,[14][12]

E. Tantangan dalam Era Jaringan Digital

1. Keamanan Siber

Ketergantungan terhadap jaringan membawa risiko pada keamanan data dan privasi. Ancaman seperti *malware*, *phishing*, serangan DDoS, dan kebocoran data makin meningkat. Investasi pada *firewall*, enkripsi, *zero trust*, dan perangkat keamanan menjadi wajib.[13][12][14][11]

2. Infrastruktur dan Kesenjangan Digital

Masih terdapat kesenjangan akses jaringan antara daerah perkotaan dan pedesaan. Pembangunan infrastruktur jaringan yang merata menjadi tantangan bagi pemerintah dan swasta agar literasi dan peluang digital dapat dinikmati seluruh masyarakat.[1][12]

3. Kapasitas dan *Scalability*

Lalu lintas data global meningkat eksponensial seiring pertumbuhan perangkat dan aplikasi digital. Solusi seperti network slicing pada 5G, virtualisasi jaringan (SDN/NFV), dan penyebaran *edge computing* menjadi jawaban untuk kendala skalabilitas dan kepadatan jaringan.[15][1][13]

F. Evolusi dan Masa Depan Jaringan Digital

1. 5G dan Beyond

Dengan adopsi 5G, kecepatan dan kapasitas jaringan melonjak, membuka peluang baru untuk *augmented reality*, *virtual reality*, kendaraan otonom, smart manufacturing, hingga smart agriculture.[13]

2. Artificial Intelligence (AI) dalam Manajemen Jaringan

Penggunaan AI di bidang *networking* (*AI-driven networking*) memungkinkan monitoring otomatis, deteksi gangguan secara *real-time*, dan otomasi penyesuaian topologi jaringan sesuai kebutuhan.[13]

3. Jaringan Sadar Lingkungan

Revolusi *green* IT dan dorongan menuju sustainability menuntut pengembangan jaringan yang hemat energi, mengurangi emisi karbon, dan ramah lingkungan.[13]

G. Kesimpulan

Di era digital, jaringan lebih dari sekadar fasilitas penunjang; ia menjadi urat nadi yang memastikan pertumbuhan, inovasi, dan transformasi seluruh aspek kehidupan,. Dari komunikasi personal hingga bisnis global, dari pendidikan hingga layanan publik, jaringan adalah dasar yang memungkinkan semua proses berjalan efisien dan efektif. Investasi berkelanjutan pada pengembangan, perluasan, dan pengamanan jaringan merupakan investasi strategis yang akan menentukan kualitas hidup digital umat manusia di masa mendatang.[1][12][13][11]

Daftar Pustaka

- [1](<https://dte.telkomuniversity.ac.id/mengapa-jaringan-sangat-penting-di-era-digital-ini/>)
- [2](<https://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/article/download/7896/3490/>)
- [3](<https://ejournal.uki.ac.id/index.php/digication/article/download/6229/3194/>)
- [4](<https://repository.stikomyogyakarta.ac.id/385/2/Buku%20Komunikasi%20Digital.pdf>)
- [5](<https://www.telkomsel.com/jelajah/jelajah-lifestyle/mengulas-perbedaan-antara-jaringan-komputer-dan-internet>)
- [6]([http://repository.undha.ac.id/1646/1/E-Book%20Transformasi%20Teknologi%20Komunikasi.pdf](https://repository.undha.ac.id/1646/1/E-Book%20Transformasi%20Teknologi%20Komunikasi.pdf))
- [7](<https://poltekbangplg.ac.id/revolusi-konektivitas-menelusuri-sejarah-internet-dari-arpnet-hingga-media-sosial/>)
- [8](<https://www.telusur.co.id/detail/25-tahun-biznet-sempurnakan-indonesia-lewat-konektivitas-infrastruktur-digital-dan-inovasi-layanan>)
- [9](<https://journal.arteii.or.id/index.php/Neptunus/article/download/258/432/1443>)
- [10](<https://jonedu.org/index.php/joe/article/download/7379/5897/>)
- [11](<https://diengcyber.com/peran-jaringan-dalam-era-digital-menghubungkan-dunia-2/>)
- [12](<https://www.gramedia.com/literasi/era-digital/>)
- [13](<https://sarolangunkab.go.id/artikel/baca/fakta-dampak-teknologi-sekarang-ini-dapat-mempengaruhi-kehidupan-dan-interaksi-manusia-di-era-digitalisasi>)
- [14](<https://www.cakrawala.ac.id/berita/peran-jaringan-komputer-era-digital>)
- [15](<https://www.netstar.id/post/apa-saja-manfaat-jaringan-internet-di-era-digital>)

Biodata Penulis



Miko Mei Irwanto, S.T., M.T. lahir di Nganjuk, 20 Mei 1981. Ia menempuh pendidikan Strata 1 Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan Strata 2 Teknik Industri di Universitas Mercubuana Jakarta, berkarier di bidang manufaktur, khususnya chemical and cosmetic kurang lebih 20 tahun dan saat ini menjadi seorang auditor. Dan sekarang sedang menempuh Program Doktoral (S3) di Fakultas Teknik – Doktor Ilmu Teknik (Teknik Industri) Universitas Negeri Yogyakarta

Selain berkarir di industri, Miko juga aktif sebagai penulis artikel di bidang manajemen produksi dan kualitas. Ia sering menjadi pembicara di seminar nasional terkait standar ISO 9001, 21001 serta 22716 dan penerapannya di sektor manufaktur.

Kini, Miko terus menulis, berbicara di seminar-seminar, serta aktif berbagi pengalaman untuk mendorong kemajuan industri manufaktur Indonesia. Email : mikomei.2025@student.uny.ac.id

BAB 2

JARINGAN BERBASIS INTENT (INTENT-BASED NETWORKING)

Rohmat Gunawan, S.T., M.T

Program Studi Informatika Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi.

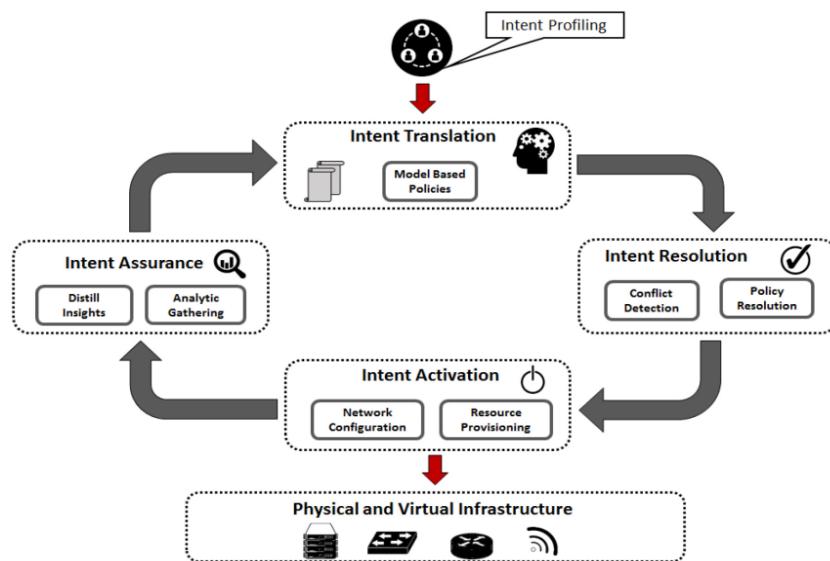
A. Konsep Intent-Based Networking (IBN)

Layanan dan aplikasi jaringan telah mengalami evolusi yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir dengan diperkenalkannya cloud computing [1], perangkat Internet of Things (IoT) [2], [3], dan lainnya. Evolusi ini secara signifikan mengubah cara jaringan dibangun dan dioperasikan. Konfigurasi manual peralatan jaringan untuk menyediakan layanan harus terus dioptimalkan, sehingga mempercepat kebutuhan akan alat otomatisasi dan orkestrasi dalam jaringan. Namun, selain memahami berbagai perangkat jaringan dan cara kerjanya, langkah pertama yang perlu difahami adalah apa yang diinginkan pengguna jaringan dan apa yang dapat ditawarkan oleh operator jaringan. Mengoptimalkan keselarasan operasi jaringan dengan pengalaman konsumsi aplikasi oleh pengguna akhir adalah ide di balik gagasan *Intent Based Networking (IBN)* [4].

IBN adalah arsitektur manajemen jaringan cerdas yang menggunakan *Artificial Intelligence (AI)* [5] dan *Machine Learning (ML)*[6] untuk mengotomatiskan operasi jaringan dengan menerjemahkan tujuan bisnis tingkat tinggi atau *intent*, ke dalam kebijakan dan konfigurasi jaringan yang sebenarnya. Pendekatan berbasis perangkat lunak ini beralih dari manajemen perangkat manual ke jaringan mandiri, mengoptimalkan diri, dan mampu melakukan perbaikan berkelanjutan untuk mencapai tujuan organisasi. Secara khusus, IBN merupakan teknologi baru yang menawarkan lapisan abstraksi dan menekankan pada hasil yang

diinginkan dari layanan jaringan, bukan pada penentuan bagaimana layanan tersebut dikonfigurasi.

Meskipun IBN merupakan istilah dan teknologi yang masih baru, namun telah ada upaya besar untuk mendefinisikan dan menstandardisasinya dengan tepat. Menurut *Internet Engineering Task Force (IETF)*, *intent* dapat didefinisikan sebagai seperangkat aturan abstrak, deklaratif, dan agnostik vendor yang digunakan untuk menyediakan siklus hidup penuh ke jaringan dan layanan yang disediakannya [7]. Seluruh proses sejak pengguna menyatakan *intent* hingga *intent* dikeluarkan dari jaringan, terdiri dari lima komponen seperti ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Interaksi komponen utama IBN [4]

Gambar 1 menampilkan interaksi 5 komponen utama IBN. Setiap komponen memiliki fungsi khusus sebagai berikut:

1. Intent Profilling

Intent Profilling merupakan komponen pertama IBN yang menyediakan layanan interaksi pengguna dengan sistem IBN untuk mengekspresikan intent-nya. Berbeda dengan perintah *Command Line Interface (CLI)* atau permintaan *Application Programming Interface (API)* yang kompleks, intent harus disampaikan dengan cara yang ramah pengguna (misalnya, melalui ekspresi bahasa alami). Dalam beberapa kasus, sistem juga harus berinteraksi dengan pengguna untuk memandunya dalam mengekspresikan intent yang bermakna [8].

2. Intent Translation

Setelah intent disampaikan, tentu saja tidak dapat langsung digunakan untuk mengkonfigurasi jaringan. Oleh karena itu, intent yang telah diabstraksi harus diterjemahkan ke dalam kebijakan jaringan yang akan dirender ke dalam konfigurasi jaringan tingkat rendah yang dapat diteruskan dan dikonfigurasikan ke perangkat jaringan[5] [9].

3. Intent Resolution

Seorang pengguna dapat menyampaikan intent-nya secara independen dari pengguna lain atau sekelompok pengguna yang mungkin berada bersamaan. Hal ini dapat dengan mudah menyebabkan konfigurasi jaringan yang kontradiktif atau saling bertentangan yang akan memengaruhi intent baru atau yang sudah diterapkan. Oleh karena itu, IBN harus memiliki modul resolusi kebijakan yang dapat mengidentifikasi intent yang bertentangan dengan mengusulkan cara untuk menyelesaiannya, dan idealnya jika hal ini tidak memungkinkan, beri tahu pengguna dan/atau administrator jaringan [10].

4. Intent Activation

Setelah IBN memastikan bahwa aktivasi intent baru tidak akan memengaruhi penerapan intent lain yang sudah ada, IBN harus

melanjutkan penyediaan layanan yang diminta. Namun, intent bukan hanya permintaan untuk layanan jaringan generik, tetapi juga dapat mencakup keinginan pengguna yang dipersonalisasi. Oleh karena itu, IBN perlu menerapkan setiap intent dengan cara yang disesuaikan agar jaringan dapat dikonfigurasi sesuai keinginan pengguna [11].

5. Intent Assurance

Komponen aktivasi intent akan memastikan bahwa intent akan terpenuhi pada saat penerapannya. Namun, jaringan bukanlah sesuatu yang statis, memiliki sifat yang sangat dinamis baik dalam ruang maupun waktu. Dengan demikian, komponen penting lainnya untuk menciptakan perilaku otonom yang diinginkan adalah jaminan intent [12]. Komponen spesifik harus memastikan bahwa jaringan mematuhi tujuannya sepanjang masa pakainya. Untuk melakukannya, komponen tersebut harus mengambil langkah-langkah proaktif dan reaktif untuk melakukan konfigurasi dan pemulihan jaringan secara mandiri, serta membantu pengguna menyempurnakan tujuannya ketika ditemukan kesenjangan antara keinginan dan perilaku jaringan [13].

B. Pengenalan IBN: Jaringan yang berfokus pada tujuan bisnis, bukan konfigurasi manual.

Pernyataan *“Jaringan yang Berfokus pada Tujuan Bisnis, Bukan Konfigurasi Manual”*, menggambarkan pergeseran paradigma pengelolaan jaringan. Pada jaringan komputer tradisional, administrator menulis konfigurasi teknis satu per satu pada perangkat jaringan (CLI, VLAN, ACL, routing, QoS). Pada IBN, administrator cukup menyatakan tujuan bisnis atau *intent* dalam bahasa level tinggi, misalnya **“payment applications must be always available with latency <30 ms”**, atau **“customer data must be separated from internal personnel data”**.

Layanan untuk mengekspresikan *intent* yang ditawarkan oleh IBN telah memberikan perubahan besar dalam pengelolaan jaringan.

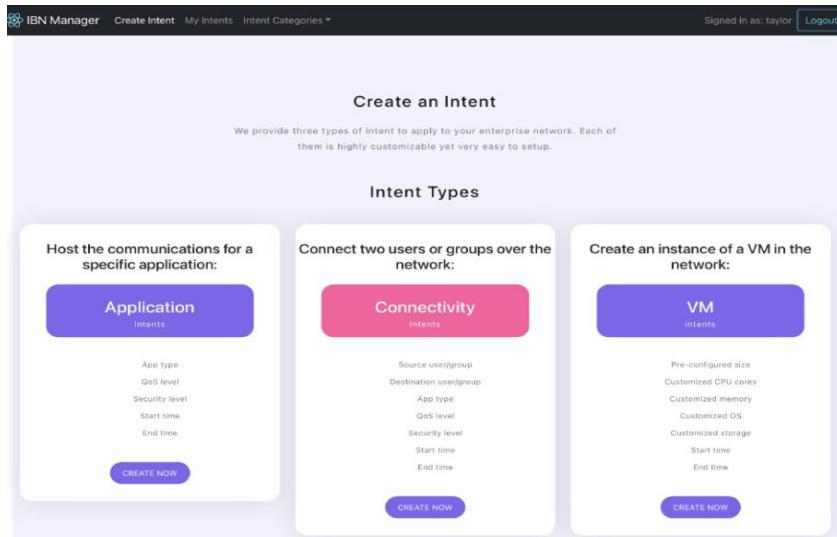
Ekspresi intent (*intent expression*) merupakan instruksi dari manusia dalam bahasa yang mudah dipahami, kemudian diinterpretasikan dan diimplementasikan secara otomatis oleh sistem IBN di seluruh infrastruktur jaringan [14]. *Intent expression* bukan perintah konfigurasi perangkat jaringan secara manual, melainkan pernyataan deklaratif tentang "apa" yang ingin dicapai, bukan "bagaimana" cara melakukannya. *Intent profiling* merupakan proses mengidentifikasi, menggolongkan, dan memberi struktur pada intent yang datang dari berbagai bentuk *expression*. Beberapa metode yang telah dicoba dalam penelitian terkait pengembangan intent expression diantaranya:

1. Template atau Graphical User Interface (GUI)

Menyediakan template melalui GUI merupakan cara sederhana yang memungkinkan pengguna mengekspresikan maksudnya (*intent*). Ini adalah cara paling aman untuk memanfaatkan IBN, karena memandu pengguna melalui menu *drop-down* dan *drag-and-drop* untuk memberi tahu jaringan apa yang sebenarnya diinginkannya. GUI dapat menyediakan serangkaian informasi dasar sehingga pengguna dapat menentukan maksudnya. Meskipun demikian, tujuan utamanya adalah untuk menjaga keterbacaan bagi pengguna dan IBN, tanpa menghilangkan tingkat detail deskriptif yang mungkin ada dalam *intent*. Misalnya, untuk jaringan pusat data perusahaan, GUI mungkin hanya berisi empat atribut: jenis layanan jaringan, tingkat QoS, tingkat keamanan, dan durasi waktu layanan. Implementasi template atau GUI dalam pengembangan intent expression memberikan beberapa keuntungan, diantaranya: mudah digunakan, ramah bagi pengguna yang tidak memiliki kemampuan teknis jaringan, dapat mengurangi sintax error dan mudah divalidasi karena format yang kaku [11], [15], [16].

Untuk memastikan bahwa GUI cocok untuk pengguna non-ahli, hasil kualitatif tertentu mungkin tersedia untuk menyesuaikan persyaratan QoS dan keamanan layanan jaringan (misalnya:

high/medium/low), atau tindakan keamanan yang lebih spesifik (misalnya: allow, drop, log), tanpa memerlukan keahlian apa pun tentang bagaimana fungsi-fungsi ini diimplementasikan. Jelas, tingkat abstraksi *intent* tidak akan sama jika pengguna seorang administrator. Dalam hal ini, GUI harus tetap menyediakan antarmuka tingkat tinggi dan ramah pengguna tetapi dengan lebih banyak informasi dan detail yang hanya dapat dipahami dan diisi oleh pakar jaringan. Dengan demikian, dalam GUI seperti itu, administrator dapat memilih alamat MAC/IP, port input/output, ID device, dan ID VLAN. Aplikasi juga dapat dikaitkan dengan prioritas, sedangkan administrator dapat membuat daftar, mengubah, atau menghapus maksud jika muncul masalah. Contoh bagaimana GUI berbasis intent dapat terlihat di lingkungan perusahaan diilustrasikan pada Gambar 2.



The screenshot shows the 'IBN Manager' interface with a navigation bar at the top. The main content is titled 'Create an Intent' and describes three types of intents: Application, Connectivity, and VM. Each type has specific configuration fields and a 'CREATE NOW' button.

Create an Intent

We provide three types of intent to apply to your enterprise network. Each of them is highly customizable yet very easy to setup.

Intent Types

- Application**
Host the communications for a specific application:
 - App type
 - QoS level
 - Security level
 - Start time
 - End time**CREATE NOW**
- Connectivity**
Connect two users or groups over the network:
 - Source user/group
 - Destination user/group
 - App type
 - QoS level
 - Security level
 - Start time
 - End time**CREATE NOW**
- VM**
Create an instance of a VM in the network:
 - Pre-configured size
 - Customized CPU cores
 - Customized memory
 - Customized OS
 - Customized storage
 - Start time
 - End time**CREATE NOW**

(a) Intent Scope [17]

The screenshot shows the 'Connectivity Intent' creation page. It has fields for 'Select a source user or group' (with a placeholder 'Source name here...'), 'Select a destination user or group' (with a placeholder 'Destination name here...'), 'Select an application type' (with 'video' selected), 'Select a QoS level' (with 'medium' selected), 'Select a security level' (with 'medium' selected), and time intervals 'Start Time' (10/12/2021, 09:30 AM) and 'End Time' (10/13/2021, 09:30 AM). A 'Create' button is at the bottom.

(b) Connectivity Intent [17]

Gambar 2. (a) Intent Scope (b) Connectivity Intent

Berdasarkan gambar 2, ditampilkan tiga cakupan intent yang berbeda disertakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 (a), yaitu application, connectivity, dan VM. Dalam setiap kasus, pengguna dibatasi untuk mengonfigurasi elemen-elemen yang dituliskan dalam setiap cakupan. Misalnya, untuk cakupan konektivitas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(b), pengguna dapat memilih *user* atau *group* mana yang menjadi sumber dan tujuan, apakah kedua titik akhir tersebut akan berkomunikasi melalui aplikasi, persyaratan kualitatif QoS dan keamanan, dan terakhir durasi intent.

2. Natural Language Processing (NLP)

Pendekatan GUI merupakan alat semi-fleksibel untuk membantu pengguna mengekspresikan maksud mereka. Di saat yang sama, GUI dan alat templat dapat membatasi pengguna, sekaligus tidak memungkinkan pengguna untuk menentukan sesuatu yang tidak tersedia sebagai opsi yang memungkinkan. Untuk

tujuan ini, IBN juga dapat diekspresikan dalam bahasa manusia. Oleh karena itu, IBN dapat dilengkapi dengan alat Natural Language Processing (NLP), yang memungkinkan konversi bahasa alami manusia ke bahasa mesin. Penerapan teknik NLP dalam pengembangan *intent expression*, memberikan beberapa keuntungan, diantaranya: mudah digunakan, fleksibel dalam variasi ekspresi intent dan tidak membutuhkan user dengan skill yang tinggi [18], [19], [20].

NLP dapat bekerja dalam berbagai konteks sesuai dengan jenis pemrosesan yang perlu dilakukan. Misalnya, NLP dapat digunakan untuk tugas *Name Entity Recognition (NER)*. Dalam hal ini, entitas yang berkaitan dengan nama akan diekstraksi dan diklasifikasikan ke dalam kategori yang telah ditentukan, seperti: nama, organisasi, lokasi. Algoritma *unsupervised* dan *supervised* serta berbasis aturan dapat digunakan untuk NER. Tugas lain dari NLP dapat berupa Relation Extraction (RE). RE bertujuan untuk mengekstrak hubungan semantik antara dua atau lebih entitas bernama dalam teks. Beberapa algoritma yang digunakan untuk RE dapat berupa model *deep-learning Neural Network (NN)*, seperti *Long Short-Term*

Memory (LSTM) and *Convolutional Neural Network (CNN)* dan *Bidirectional Encoder Representation of Transformer (BERT)*. Contoh penerapan metode NLP pada *intent expression* ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Contoh Intent Expression berbasis NLP

Gambar 3 menunjukkan beberapa contoh intent yang diungkapkan dalam bahasa alami menggunakan antarmuka chatbot Rasa. Seperti yang dapat dilihat, chatbot membuat dua klasifikasi. Klasifikasi pertama mengklasifikasikan cakupan intent (misalnya: *connectivity*, *security*, dan lainnya) atau *intent* pengguna untuk mengubah intent yang sudah ada. Klasifikasi kedua mengelompokkan setiap entitas di dalam *intent*. Untuk klasifikasi terakhir, chatbot menandai setiap kata yang bermakna dan memberikan warna pada setiap token/kata. Hijau adalah sumber intent, merah muda adalah tujuan dan jenis koneksi, ungu adalah fungsi jaringan atau *middlebox* yang akan ditambahkan, biru adalah nilai kualitatif, dan biru muda adalah nilai kuantitatif. Nilai di sebelah cakupan intent adalah persentase keyakinan klasifikasi cakupan, 1,0 berarti klasifikasi kita 100% akurat. Akurasi yang serupa dapat dikaitkan dengan setiap token entitas. Chatbot juga memungkinkan pengguna untuk mengubah klasifikasi jika tidak puas dengan hasilnya. Dengan cara ini dapat dipelajari dan dipersonalisasi ucapan pengguna untuk meningkatkan akurasi klasifikasi, mengekstrak sinonim, dan menambahkan entitas dan cakupan baru dalam kamusnya.

3. IBN Language

IBN Language atau *Domain Specific Language* (DSL) memberikan hasil yang dapat diprediksi dengan akurat [21][22], mendukung kompilasi ke policy dan ekspresif untuk domain jaringan [16]. IBN *Language* lebih restriktif daripada NLP, tetapi keduanya memiliki beberapa elemen umum, seperti maksudnya harus mudah dibaca dan mengabstraksikan detail teknis. Pada saat yang sama, bahasa tersebut harus cukup fleksibel untuk diperluas dan disesuaikan dengan skenario maksud bisnis yang sedang dipertimbangkan. Dengan kata lain, IBN *Language* dapat dipandang sebagai bahasa pemrograman yang meminimalkan kesenjangan antara keterbacaan manusia dan mesin. Lebih lanjut, ini berarti bahwa pengguna bahasa-bahasa ini haruslah pengguna yang lebih

teknis (yaitu: operator/network administrator). Salah satu bahasa tersebut adalah **Nile**, dimulai dengan mengidentifikasi maksud dengan sebuah nama yang diikuti oleh serangkaian *tag*. *Tag*/kata kunci ini mendefinisikan cakupan maksud dan dapat mencakup middlebox tertentu, metrik QoS, manipulasi lalu lintas (misalnya, *allow/drop*), spesifikasi titik akhir, dan siklus hidup maksud. Tata bahasa yang digunakan oleh Nile. Nile merupakan bahasa pemrograman dengan prinsip pemrosesan aliran (*stream-processing*) deklaratif yang dirancang untuk mengimplementasikan toolkit komposit grafis dengan kode minimal. Sintaksnya sangat spesifik untuk tujuan tersebut dan tidak umum digunakan dalam pengembangan perangkat lunak pada umumnya. Nile diimplementasikan untuk skenario maksud tertentu, namun dapat diperluas dengan menambahkan kata kunci yang diperlukan untuk kasus penggunaan lainnya. Contoh bagaimana suatu intent dapat diungkapkan dengan Nile diilustrasikan pada gambar 4.

```
define intent Routing :  
    from endpoint( 'Alice' )  
    to   endpoint( 'Bob' )  
    add   middlebox( 'firewall' ),  
          middlebox( 'IPSec' )  
    with  latency( 'less', '100 ms' ),  
          throughput( 'equal', '500Mbps' )  
    allow traffic( 'any' )  
    start hour( '09:00' )  
    end   hour( '17:00' )
```

Gambar 4. Contoh *Intent Expression* berbasis IBN *Language*

Gambar 4 mencoba untuk menangkap intent berikut, “Route Alice’s traffic to Bob with bandwidth 500 Mbps and latency less than 100 ms, through a firewall and IP encryption, during working hours from 9am to 5pm”.

4. API atau CLI

API-based intent expression berarti operator atau otomasi mengungkapkan *intent* ke sistem IBN lewat antarmuka program sehingga intent diterima sebagai payload terstruktur dan langsung diproses oleh engine IBN. API ini sering dinamakan *Intent APIs* atau *Policy APIs* dan menjadi pintu integrasi antara business-orchestration dan kontroler jaringan. Aspek kunci ekspresi intent berbasis API dalam IBN:

a. Sifat Deklaratif

API Intent memungkinkan pendekatan deklaratif untuk manajemen jaringan. Pengguna menentukan apa yang ingin dicapai jaringan (misalnya, "**connect locations A and B securely with 1Gbps bandwidth**"), alih-alih bagaimana mencapainya (misalnya, mengkonfigurasi protokol perutean tertentu, aturan firewall, atau kebijakan QoS). Sistem IBN, menggunakan AI/ML dan orkestrasi, menerjemahkan intent ini ke dalam konfigurasi tingkat rendah yang diperlukan.

b. Abstraksi dan Penyederhanaan

API mengabstraksi kompleksitas perangkat dan konfigurasi jaringan yang mendasarinya. API menyediakan antarmuka terpadu untuk mengekspresikan intent, terlepas dari beragam komponen perangkat keras dan perangkat lunak dalam jaringan. Hal ini menyederhanakan pemrograman dan manajemen jaringan.

c. Pemenuhan dan Jaminan Intent

API tidak hanya digunakan untuk mengekspresikan intent tetapi juga untuk berinteraksi dengan fungsi pemenuhan dan jaminan intent.

API Pemenuhan Intent: memungkinkan sistem IBN untuk berkomunikasi dengan perangkat jaringan dan mengorkestrasi tindakan yang diperlukan untuk mencapai intent yang

dideklarasikan. API Jaminan Intent: memungkinkan pemantauan dan validasi untuk memastikan jaringan terus mematuhi intent yang diungkapkan, memberikan umpan balik untuk mengoptimalkan tindakan pemenuhan dan mengatasi "penyimpangan intent".

Berikut contoh skenario intent expression berbasis API;

a. Pada jaringan tradisional

Seorang teknisi jaringan akan secara manual mengonfigurasi kebijakan Quality of Services (QoS) pada berbagai perangkat jaringan (router, switch, firewall) untuk memprioritaskan lalu lintas video untuk alamat IP atau subnet yang terkait dengan *finance department*. Proses ini memakan waktu dan rawan kesalahan.

b. Intent Expression berbasis API pada IBN

Sebaliknya, penggunaan API dilakukan IBN Controller, yang menyatakan *intent* secara deklaratif.

```
{  
  "intent_name": "HighQualityVideoConferencing",  
  "target_group": "FinanceDepartment",  
  "service_type": "VideoConferencing",  
  "qos_requirements": {  
    "latency": "low",  
    "packet_loss": "zero",  
    "bandwidth_guarantee": "50Mbps"  
  },  
  "priority_level": "BusinessCritical"  
}
```

Penjelasan Intent Expression berbasis API:

intent_name : Pengidentifikasi unik untuk intent spesifik ini.

target_group :Menentukan grup pengguna atau perangkat yang menerapkan intent (misalnya, "finance department"). Sistem IBN akan memiliki kebijakan atau mekanisme yang telah ditentukan sebelumnya untuk memetakan grup ini ke titik akhir jaringan tertentu.

service_type :Mengidentifikasi aplikasi atau layanan yang diprioritaskan (misalnya, " Video Conference").

qos_requirements :Menentukan parameter *Quality of Services* yang diinginkan dalam format tingkat tinggi yang mudah dibaca.

priority_level :Menetapkan tingkat kekritisan bisnis, yang digunakan sistem IBN untuk membuat keputusan alokasi sumber daya.

5. Grammar atau Keyword

Pendekatan *grammar/keyword-based* pada *intent expression* umumnya bekerja dengan cara menerjemahkan pernyataan intent (biasanya teks natural dari operator atau kebijakan) menjadi representasi formal dengan dua mekanisme utama:

- a. Pencocokan kata kunci, dilakukan dengan cara mengenali kata untuk mengklasifikasikan jenis intent dan mengekstrak entitas penting.
- b. Grammar atau rule parsing berperan dalam menerapkan aturan sintaksis dan semantik terdefinisi untuk menyusun struktur intent dan memetakannya ke bahasa intent internal atau ke model kebijakan.

Contoh intent expression:

"Limit bandwidth for subnet 10.1.2.0/24 to 10 Mbps for VoIP"

Pseudo-pipeline grammar / extraction:

- a. Keyword matching : {action: "limit", target_type: "subnet", target: "10.1.2.0/24", metric: "bandwidth", value: "10 Mbps", service: "VoIP"}
- b. Grammar rule (template): ACTION (metric)? for TARGET (to VALUE)? (for SERVICE)?
- c. Assembly : Nile intent:

```
intent {  
    name: "bandwidth-limit",  
    target: {type: "subnet", id: "10.1.2.0/24"},  
    constraint: {metric: "bandwidth", max: "10 Mbps"},  
    scope: "VoIP"  
}
```

C. Perbandingan IBN dengan pengelolaan jaringan tradisional

IBN (Intent-Based Networking) merupakan arsitektur berbasis perangkat lunak yang mengotomatiskan manajemen jaringan berdasarkan tujuan bisnis tingkat tinggi, sementara jaringan tradisional bergantung pada konfigurasi manual per perangkat menggunakan Command Line Interface (CLI) atau Graphycal User Interface (GUI). IBN menggunakan AI dan ML untuk menerjemahkan maksud bisnis menjadi kebijakan otomatis, memantau kepatuhan jaringan, dan melakukan pemulihan mandiri, yang menghasilkan perubahan yang lebih cepat, kelincahan yang lebih tinggi, dan lebih sedikit kesalahan. Jaringan tradisional bersifat manual, rawan kesalahan, dan mengharuskan administrator memiliki pengetahuan mendalam tentang perintah masing-masing perangkat, sehingga sulit untuk diskalakan dan dikelola seiring waktu. Perbandingan IBN dengan pengelolaan jaringan komputer trandisional ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan IBN dengan jaringan tradisional

No	Aspek	Intent-Based Networking (IBN)	Pengelolaan Jaringan Tradisional
1.	Tujuan / pendekatan dasar	Pengguna/administrator menyatakan “intent” tingkat tinggi, selanjutnya sistem menerjemah, meng-orquestrasi, dan memastikan intent itu tercapai secara otomatis.	Operator menulis konfigurasi/rule tingkat rendah secara manual (CLI, GUI), lalu memantau dan troubleshooting secara manusiawi.
2.	Level abstraksi	Tinggi, abstraksi intent memisahkan <i>what</i> (tujuan bisnis) dari <i>how</i> (konfigurasi teknis).	Rendah, menengah fokus pada <i>how</i> (perangkat, perintah, parameter).
3.	Otomasi & orkestrasi	Sangat otomatis: penterjemahan intent menjadi policy melakukan aksi konfigurasi ; loop dan koreksi berjalan otomatis (closed-loop).	Otomasi terbatas (script, template), banyak intervensi manual untuk perubahan dan koreksi.
4.	Verifikasi &	Built-in verification: model/validator memeriksa apakah	Verifikasi biasanya pasif (logs,

	continuous assurance	keadaan jaringan memenuhi intent; deteksi anomali dan remediasi otomatis dimungkinkan.	monitoring); koreksi bergantung pada operator.
5.	Penggunaan AI / ML	Umumnya mengintegrasikan AI/ML untuk pemetaan intent, prediksi/perbaikan otomatis, rekomendasi kebijakan adaptif.	Umumnya minim menerapkan AI. Tetapi lebih mengandalkan aturan statis dan pengalaman operator.
6.	Integrasi dengan sistem lama (legacy)	Tantangan nyata: perlu adapter/abstraksi untuk perangkat lama; migrasi bertahap sering diperlukan.	Sesuai untuk perangkat legacy karena operator melakukan konfigurasi langsung.
7.	Kecepatan perubahan / agility	Tinggi, perubahan kebijakan dapat di-deploy cepat dari level intent; ideal untuk cloud/multi-cloud.	Lambat, perubahan manual memakan waktu dan rentan kesalahan saat skala besar.
8.	Risiko kesalahan manusia	Berkurang (otomasi) tetapi risiko bergeser ke kesalahan pemodelan	Tinggi: konfigurasi manual adalah

		intent atau bug sistem otomatis.	sumber umum outage dan misconfigurations.
9.	Skalabilitas operasi	Dirancang untuk skala besar (orquestrasi terpusat, policy abstraction).	Skalabilitas terbatas oleh proses manual dan heterogenitas perangkat.
10.	Transparansi / audit	Dapat menyediakan jejak audit intent→aksi; tetapi perlu tooling agar jejak itu mudah ditelaah.	Audit tersedia (config diffs, logs) tetapi tersebar; review manual sering diperlukan.
11.	Kesiapan industri / adopsi	Adopsi meningkat, namun belum merata; riset aktif terkait standarisasi intent models.	Mature & luas dipakai; ekosistem alat dan keahlian besar.
12.	Use cases yang cocok	Data center otomatis, multi-cloud connectivity, SLA assurance, network slicing, layanan yang memerlukan scaling cepat.	Jaringan enterprise tradisional, instalasi warisan (legacy), lingkungan dengan

			perubahan minim.
13.	Tantangan utama	Definisi/standarisasi model intent; integrasi legacy; keandalan model AI; keamanan & kepercayaan pada loop otomatis.	Human error; lambat merespons dinamika; biaya operasional tinggi untuk manajemen pada skala besar.

D. Aplikasi IBN

Tidak ada platform IBN yang sepenuhnya gratis dan komprehensif, karena IBN merupakan solusi canggih yang biasanya memerlukan perangkat lunak perusahaan berbayar dari vendor seperti Cisco, Hewlett Packard Enterprise, dan Juniper Networks. Namun, untuk penelitian atau pendidikan dapat memanfaatkan perangkat lunak sumber terbuka untuk fungsi tertentu seperti. Meskipun platform IBN gratis yang berdedikasi dan berfitur lengkap untuk penelitian ekstensif di lingkungan pendidikan terbatas, terdapat beberapa opsi untuk eksplorasi akademis menggunakan program uji coba vendor, proyek sumber terbuka, dan kumpulan data penelitian.

1. Cisco Catalyst Center

Cisco Catalyst Center sebelumnya dikenal dengan Cisco DNA Center merupakan salah satu solusi perangkat lunak dari Cisco Coorpartion yang mengimplementasikan IBN dengan menyediakan platform terpusat untuk mengelola, mengotomatisasi, dan



menganalisis jaringan. Fungsi utama yang terdapat pada Cisco Catalyst Center:

- a. Desain dan Otomatisasi: Merancang topologi jaringan, mengkonfigurasi perangkat, dan mengotomatiskan penyediaan (*provisioning*) menggunakan antarmuka grafis (GUI).
- b. Kebijakan (*Policy*): Menerapkan kebijakan berbasis identitas dan grup untuk mengontrol akses dan mengelola lalu lintas jaringan secara konsisten.
- c. Assurance: Memantau kesehatan jaringan secara proaktif, memberikan wawasan, dan membantu pemecahan masalah melalui analitik yang didukung AI dan ML.
- d. Manajemen: Melakukan manajemen inventaris perangkat, pembaruan perangkat lunak (*Software Image Management*), dan audit kepatuhan.

Cisco menawarkan uji coba dan sumber daya gratis untuk mempelajari arsitektur IBN-nya. Platform ini menyediakan pendekatan yang terbuka, dapat diperluas, dan berbasis perangkat lunak, sehingga cocok untuk mengeksplorasi implementasi IBN di dunia nyata, informasi selengkapnya dapat ditemukan pada halaman solusi IBN. (<https://www.cisco.com/site/us/en/solutions/intent-based-networking/index.html>)

2. Juniper Apstra



Juniper Apstra merupakan sebuah platform Intent-Based Networking (IBN) untuk manajemen jaringan data center yang menyediakan: otomatisasi desain, implementasi, operasi dan pemantauan siklus hidup jaringan.

<https://www.juniper.net/documentation/product/us/en/apstra/>

Komponen dan Arsitektur Utama Apstra:

- a. Intent Engine, Menangkap intent atau pernyataan kebutuhan jaringan. Intent diterjemahkan menjadi aturan topologi, kebijakan routing, VLAN, dan lainnya.
- b. Blueprint, model representasi desain jaringan yang reusable sebagai basis untuk otomatisasi jaringan.
- c. Telemetry dan Analytics Engine, bagian yang mengumpulkan data operasi (health, flow, BGP session, EVPN, link failure).
- d. Closed Loop Assurance System, berfungsi untuk : membandingkan intent dengan keadaan real-time, mengidentifikasi deviasi dan memberikan rekomendasi perbaikan otomatis

3. Hewlett Packard Enterprise (HPE)



Hewlett Packard Enterprise

IBN HPE adalah pendekatan berbasis perangkat lunak yang mengotomatiskan desain, penerapan, dan pengoperasian jaringan berdasarkan tujuan bisnis tingkat tinggi, yang dikenal sebagai intent (<https://www.hpe.com/us/en/home.html>).

Sistem IBN beroperasi dalam kerangka kerja loop tertutup dengan empat fungsi utama:

a. Translation and Validation

Administrator jaringan menyatakan hasil bisnis yang diinginkan (*intent*). Sistem IBN menerjemahkan maksud ini menjadi kebijakan di seluruh jaringan dan memvalidasi apakah infrastruktur yang ada dapat mendukungnya.

b. Automated Implementation

Setelah kebijakan divalidasi, sistem secara otomatis mengkonfigurasi semua perangkat jaringan fisik dan virtual yang

diperlukan (switch, router, firewall, dan lainnya.) untuk mencapai kondisi yang diinginkan, sehingga menghilangkan konfigurasi manual dan potensi kesalahan manusia.

c. State Awareness

Sistem terus memantau jaringan secara *real-time*, mengumpulkan data dan analitik mengenai status operasionalnya saat ini untuk mengidentifikasi masalah atau kesalahan kinerja.

d. Assurance and Optimization

Menggunakan AI dan ML, sistem secara terus-menerus membandingkan kondisi jaringan aktual dengan maksud bisnis awal. Jika terdeteksi penyimpangan, sistem dapat secara otomatis mengambil tindakan korektif, menghasilkan notifikasi, atau menyarankan optimisasi untuk menjaga kepatuhan dan kinerja, menciptakan siklus umpan balik untuk peningkatan berkelanjutan.

Untuk penelitian dan pendidikan berkelanjutan, inisiatif *open source* dan sumber daya akademis menawarkan alternatif yang menjanjikan:

- a. Software Defined Network (SDN) Controller: IBN dibangun berdasarkan prinsip-prinsip SDN. SDN Controller *open source* seperti OpenDaylight atau ONOS dapat digunakan sebagai fondasi untuk membangun dan menguji konsep IBN. Peneliti dapat mengembangkan modul *intent translation* dan *intent assurance* sendiri di atas platform ini.
- b. IETF & Research Community: Internet Engineering Task Force (IETF) dan berbagai institusi akademis menerbitkan kasus penggunaan, kerangka kerja, dan bahkan kumpulan data yang terkait dengan IBN. Dataset yang tersedia untuk umum, seperti *Business Intent and Network Slicing Correlation Dataset (BINS)* yang diterbitkan di Nature, tersedia untuk memajukan penelitian dalam jaringan generasi mendatang dan metode berbasis data untuk ekstraksi intent. Hal ini memungkinkan peneliti untuk bekerja dengan data intent yang sebenarnya tanpa memerlukan platform

IBN skala penuh. Makalah penelitian sering kali menyertakan deskripsi platform eksperimental atau kode bukti konsep yang dikembangkan menggunakan berbagai pemrograman.

Daftar Pustaka

- [1] W. Chao and S. Horiuchi, “Intent-based Cloud Service Management,” 2018 21st Conf. Innov. Clouds, Internet Networks Work., pp. 1–5.
- [2] F. Aklamanu, S. Randriamasy, and E. Renault, “Demo : Intent-Based 5G IoT Application Network Slice Deployment,” pp. 2019–2021, 2019.
- [3] K. Sadouki and E. Kornyshova, “Internet of Things Intent-based approaches for industry 4 . 0 applications : A systematic mapping study,” Internet of Things, vol. 32, no. March, p. 101629, 2025, doi: 10.1016/j.iot.2025.101629.
- [4] A. Leivadeas, S. Member, and M. Falkner, “A Survey on Intent-Based Networking,” vol. 25, no. 1, pp. 625–655, 2023.
- [5] H. Yang, K. Zhan, Q. Yao, X. Zhao, J. Zhang, and Y. Lee, “Intent defined optical network with artificial intelligence-based automated operation and maintenance,” vol. 63, no. June, pp. 1–12, 2020.
- [6] H. Mahtout, M. Kiran, and B. Mohammed, “Using Machine Learning for Intent-based Provisioning in High-Speed Science Networks,” pp. 27–30, 2020.
- [7] A. Clemm, L. Ciavaglia, L. Z. Granville, and J. Tantsura, “Intent Based Networking - Concepts and Definitions,” 2022.
- [8] E. Zeydan and Y. Turk, “Recent Advances in Intent-Based Networking: A Survey,” IEEE Veh. Technol. Conf., vol. 2020-May, 2020, doi: 10.1109/VTC2020-Spring48590.2020.9128422.
- [9] Y. Xiao, W. Quan, H. Zhou, M. Liu, and K. Liu, “Lightweight Natural Language Driven Intent Translation Mechanism for Intent Based Networking,” pp. 46–51, 2022.
- [10] Y. Elkhatib, G. Coulson, and G. Tyson, “Charting an Intent Driven Network,” 2017.
- [11] A. Rafiq, M. Afaq, and W. Cheol, “Intent - based networking with proactive load distribution in data center using IBN manager

and Smart Path manager,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, no. 0123456789, 2020, doi: 10.1007/s12652-020-01753-1.

[12] B. Martini, M. Gharbaoui, and P. Castoldi, “Intent-based network slicing for SDN vertical services with assurance: Context , design and preliminary experiments,” vol. 142, pp. 101–116, 2023.

[13] M. Toy, “Intent-based Networking for Connectivity and Cloud Services,” vol. 9, no. 1, pp. 19–22, 2021, doi: 10.11648/j.net.20210901.12.

[14] S. Rivera, J. Griffioen, and J. H. Hayes, “Expressing and Managing Network Policies for Emerging HPC Systems,” 2019, doi: 10.1145/3332186.3333045.

[15] J. T. Kim et al., “IBCS : Intent-Based Cloud Services for Security Applications,” no. April, pp. 45–51, 2020.

[16] A. Leivadeas, S. Member, and M. Falkner, “A Survey on Intent-Based Networking,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 25, no. 1, pp. 625–655, 2023, doi: 10.1109/COMST.2022.3215919.

[17] A. Leivadeas, S. Member, and M. Falkner, “A Survey on Intent-Based Networking,” 2023..

[18] J. McNamara et al., “NLP Powered Intent Based Network Management for Private 5G Networks,” *IEEE Access*, vol. 11, no. March, pp. 36642–36657, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3265894.

[19] Y. Njah, A. Leivadeas, J. Violos, and M. Falkner, “Toward Intent-Based Network Automation for Smart Environments: A Healthcare 4.0 Use Case,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 136565–136576, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3338189.

[20] A. S. Jacobs et al., “Hey , Lumi ! Using Natural Language for Intent-Based Network Management,” 2021.

[21] M. Riftadi and F. Kuipers, “P4I / O : Intent-Based Networking with P4,” 2019 IEEE Conf. Netw. Softwarization, pp. 438–443, 2019.

[22] I. Monga et al., “Software-Defined Network for End-to-end Networked Science at the Exascale.”

Biodata Penulis



Rohmat Gunawan, S.T., M.T,

memperoleh gelar Magister Informatika dari Institut Teknologi Bandung (ITB), Indonesia, pada tahun 2015. Profesi saat ini, sebagai pengajar di Program Studi Informatika Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi. Fokus penelitian pada: jaringan komputer dan keamanan informasi. Email: rohmatgunawan@unsil.ac.id

BAB 3

JARINGAN UNTUK EDGE COMPUTING

Rikie Kartadie, .ST., M.Kom.

Program Studi Teknik Komputer, Universitas Teknologi Digital Indonesia

A. Pendahuluan

Interaksi manusia, perangkat, dan sistem yang terhubung dalam jaringan telah berubah secara signifikan sebagai akibat dari revolusi digital. Semakin banyak perangkat yang terhubung, khususnya dalam ekosistem *Internet of Things* (IoT), menghasilkan lebih banyak data. Bergantung pada *cloud computing*, model komputasi konvensional menghadapi masalah seperti latensi yang tinggi, jaringan yang macet, keterbatasan bandwidth, dan masalah privasi dan keamanan data. Untuk mengatasi masalah ini, komputasi dialihkan dari pusat data cloud ke lokasi yang lebih dekat dengan sumber data, yaitu di tepi jaringan [1], [2].

Edge computing secara konseptual merupakan evolusi alami dari arsitektur jaringan dan kebutuhan akan tanggapan data cepat dalam waktu nyata. Dengan pemrosesan yang lebih dekat dengan pengguna, sistem dapat menanggapi lebih cepat tanpa harus menunggu pengiriman data ke pusat cloud yang berjarak jauh [3]. Aplikasi yang sensitif terhadap waktu, seperti kendaraan otonom, sistem kendali industri, augmented reality (AR), dan layanan berbasis lokasi, sangat bergantung pada konsep ini. Oleh karena itu, implementasi edge computing bergantung pada kedua kemampuan perangkat dan infrastruktur jaringan [4].

Dalam konteks ini, jaringan berfungsi sebagai dasar yang menentukan sejauh mana edge computing dapat beroperasi secara optimal. Efektivitas sistem edge ditentukan oleh faktor-faktor seperti

latensi rendah, keandalan koneksi, ketersediaan sumber daya jaringan, dan kemampuan adaptasi dinamis. Akibatnya, memahami cara jaringan dirancang dan dioptimalkan untuk mendukung kecerdasan edge sangat penting bagi para peneliti dan praktisi. Dengan kata lain, bukan hanya kemampuan pemrosesan data di tepi yang menentukan kesuksesan komputasi di tepi, tetapi juga bagaimana data dapat dikirim, dikirim, dan dikelola dengan aman melalui jaringan [5],[6],[7].

Selain itu, transformasi ini memiliki tujuan strategis dan teknis. Dalam beberapa tahun terakhir, penyedia layanan telekomunikasi dan industri digital mulai memasukkan fitur komputasi ke dalam infrastruktur jaringan mereka. Teori seperti *Multi-access Edge Computing* (MEC) yang dipromosikan oleh ETSI dan integrasi antara Software Defined Networking (SDN) dan Network Function Virtualization (NFV) memungkinkan pengembangan jaringan yang lebih pintar, fleksibel, dan fleksibel [8], [9]. Ini mengubah jaringan menjadi platform layanan yang dapat menyediakan sumber daya komputasi secara kontekstual di berbagai titik *edge* daripada sekadar saluran data (*Data Pipe*).

Dengan memahami dinamika antara edge computing dan jaringan, kita dapat merancang sistem yang lebih efisien, responsif, dan skalabel. Oleh karena itu, bab ini diawali dengan penjelasan mengenai hubungan fundamental antara edge computing dan jaringan, sebelum beranjak pada pembahasan mengenai pentingnya jaringan berlatensi rendah, arsitektur jaringan edge seperti micro data center dan fog computing, serta penerapannya di berbagai industri seperti kendaraan otonom dan smart retail.

B. Edge Computing dan Jaringan

1. Definisi dan Ruang Masalah

Paradigma komputasi terdistribusi yang dikenal sebagai edge computing memungkinkan pemrosesan data dilakukan di lokasi yang lebih dekat dengan sumber data, seperti sensor, gateway,

perangkat Internet of Things (IoT), atau bahkan micro data center di sisi jaringan. Metode ini memindahkan beberapa proses komputasi ke tepi jaringan, yang mengurangi ketergantungan pada cloud. Oleh karena itu, data dapat diolah secara lokal sebelum dikirim ke pusat data untuk dianalisis. Secara signifikan dapat menghemat bandwidth dan mengurangi delay dengan mempercepat waktu respons dan mengurangi beban pada server pusat [5], [10], [11], [12], [13].

Ruang lingkup *Edge Computing* mencakup desain jaringan yang adaptif dan mampu memenuhi kebutuhan komunikasi real-time. Dalam konteks ini, jaringan bukan sekadar sarana penghubung, melainkan bagian integral dari arsitektur sistem. Penelitian oleh Zhang et al. [14] menunjukkan bahwa performa sistem edge sangat bergantung pada desain topologi, mekanisme orkestrasi layanan, dan strategi pengelolaan sumber daya jaringan.

Secara umum, ruang desain jaringan untuk *Edge Computing* dapat dijelaskan melalui tiga dimensi utama berikut:

1. Topologi Fisik.

Topologi menjelaskan bagaimana fog, cloud, dan node edge terhubung satu sama lain. Dalam konfigurasi sederhana, edge node dapat berupa cloudlet yang hanya berjarak satu hop dari perangkat pengguna. Namun, dalam arsitektur yang lebih kompleks, digunakan struktur hierarki edge-fog-cloud di mana lapisan fog berfungsi sebagai pengolah antara, mengolah data dari beberapa node edge dan menyalurnkannya ke cloud untuk analisis mendalam [15].

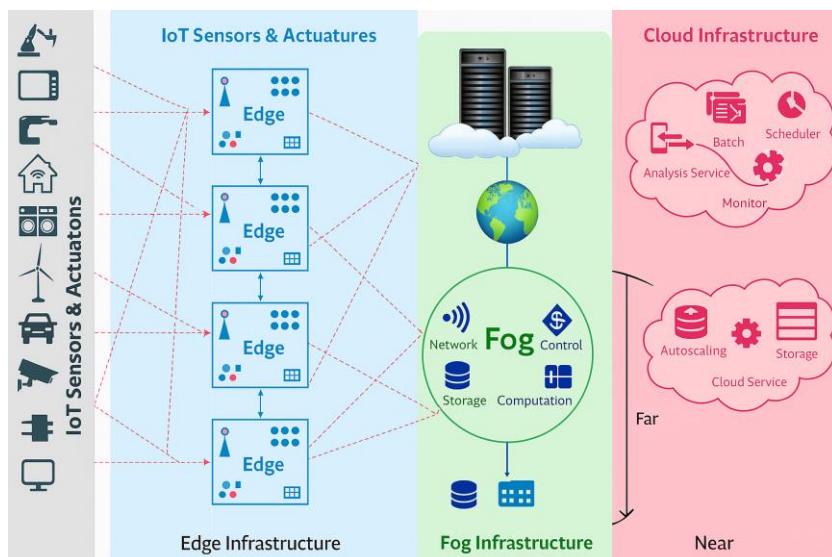
2. Layanan Jaringan.

Mengirim data bukanlah satu-satunya fungsi jaringan di bidang edge computing. Jaringan juga dapat melakukan fungsi pintar seperti orkestrasi layanan berbasis Network Function Virtualization (NFV) dan Software-Defined Networking (SDN). Kedua teknologi ini memungkinkan pengaturan jalur data yang dinamis, pembagian beban (load balancing), dan manajemen prioritas layanan (QoS). Oleh karena itu, jaringan memiliki

kemampuan untuk secara otomatis menyesuaikan diri dengan perubahan dalam kondisi lalu lintas dan kebutuhan aplikasi [16], [17], [18].

3. Kendala dan Tantangan.

Implementasi *Edge Computing* menghadapi beberapa kendala teknis seperti latensi end-to-end, *jitter*, reliabilitas koneksi, keterbatasan daya komputasi lokal, serta keamanan data. Karena banyak data diproses di lokasi terdistribusi, risiko terhadap serangan siber, kehilangan data, atau akses tidak sah menjadi lebih tinggi dibanding sistem berbasis *cloud* konvensional [19], [20].



Gambar 2.1. Arsitektur Jaringan Edge–Fog–Cloud

Gambar 2.1 tersebut menggambarkan arsitektur tiga lapis dalam sistem komputasi modern, yaitu **Edge, Fog, dan Cloud**, yang digunakan untuk mendukung ekosistem Internet of Things (IoT). Lapisan paling bawah, **Edge Infrastructure**, berinteraksi langsung dengan berbagai perangkat IoT seperti sensor, kamera, kendaraan, dan peralatan rumah tangga pintar, yang bertugas mengumpulkan data secara real-time di lokasi terdekat dari sumbernya. Lapisan ini mengirimkan data ke **Fog Infrastructure**, yang berfungsi sebagai

Untuk mendapatkan full akses bisa hubungi penerbit kami