

Smart Grid: Revolusi Jaringan Listrik Masa Depan

Dr. Ir. Dina Maizana, MT

Diterbitkan oleh:
Universitas Medan Area Press

Smart Grid: Revolusi Jaringan Listrik Masa Depan

Penulis :

Dr. Ir. Dina Maizana, MT

Desain Cover :

Moranain Mungkin, ST. MSi

Edit Layout :

Ir Habib Satria, MT. IPM ASEAN Eng

Editor :

Muhammad Fadlan Siregar, ST. MT. IPM

ISBN :

**Hak cipta dilindungi oleh undang-undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
Atau seluruh isi buku ini tanpa seizing tertulis
dari Penerbit**

Diterbitkan oleh:

Universitas Medan Area Press

Address: Jalan Kolam Nomor 1, Kenangan
Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Deliserdang,
Sumatera Utara

Telephone: 061-7366878, e-mail: pghc@uma.ac.id

Smart Grid: Revolusi Jaringan Listrik Masa Depan

Penulis: DR Ir Dina Maizana MT

ISBN:

Editor: Muhammad Fadlan Siregar, ST. MT. IPM

Penata Letak: Ir Habib Satria, MT. IPM ASEAN Eng

Desain Sampul: Moranain Mungkin, ST. MSi

Copyright @ 2025, UMA Press

Jalan Kolam No 1. Medan Estate, Medan

Telephone : 061-7366878

e-mail: lp2m@uma.ac.id

Diterbitkan oleh:

University Medan Area Press

Jalan Kolam No 1. Medan Estate, Medan

Website: <https://uma.ac.id/>

Dicetak dan di distribusikan oleh:

University Medan Area Press

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

SINOPSIS

Di tengah meningkatnya permintaan energi dan kebutuhan akan sistem listrik yang lebih efisien, dunia mulai beralih dari jaringan listrik konvensional ke smart grid—sebuah sistem kelistrikan cerdas yang memanfaatkan teknologi digital, kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), serta energi terbarukan untuk menciptakan distribusi daya yang lebih andal, hemat biaya, dan ramah lingkungan.

Buku ini mengupas secara komprehensif konsep smart grid, termasuk perbedaannya dengan jaringan listrik konvensional, komponen utama, serta peran teknologi modern dalam mengoptimalkan distribusi listrik. Pembaca akan diajak memahami bagaimana smart metering, sistem distribusi otomatis, AI, big data, dan blockchain dapat meningkatkan efisiensi jaringan listrik serta memungkinkan transaksi energi yang lebih transparan dan terdesentralisasi.

Selain membahas teknologi yang digunakan, buku ini juga mengulas integrasi energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin, tantangan keamanan dalam smart grid, serta bagaimana negara-negara maju dan berkembang telah mengimplementasikan sistem ini. Dengan berbagai studi kasus dari Amerika Serikat, Jerman, Jepang, China, India, hingga

Indonesia, pembaca dapat melihat bagaimana smart grid telah membawa perubahan nyata dalam sektor energi.

Lebih dari sekadar sistem kelistrikan, smart grid juga berperan dalam pengembangan kota pintar (smart cities) dan kendaraan listrik, serta memiliki potensi besar dalam mendukung transisi menuju energi berkelanjutan. Buku ini menutup pembahasannya dengan eksplorasi mengenai masa depan smart grid, termasuk kemungkinan integrasi quantum computing dalam optimasi jaringan listrik.

Ditulis dengan pendekatan yang jelas dan mendalam, buku ini menjadi referensi penting bagi akademisi, profesional di sektor energi, pengambil kebijakan, serta masyarakat umum yang ingin memahami dan ikut berkontribusi dalam revolusi jaringan listrik masa depan.

KATA PENGANTAR

Dalam beberapa dekade terakhir, dunia telah menyaksikan perubahan besar dalam sektor energi. Perkembangan pesat teknologi digital, meningkatnya kebutuhan akan energi yang efisien, serta urgensi transisi menuju energi terbarukan mendorong lahirnya konsep smart grid, sebuah sistem jaringan listrik cerdas yang menggabungkan teknologi informasi dan komunikasi untuk menciptakan distribusi energi yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan.

Buku ini hadir untuk memberikan wawasan komprehensif mengenai smart grid, mulai dari konsep dasar, teknologi yang digunakan, hingga implementasi di berbagai negara. Kami membahas bagaimana smart grid dapat menjadi solusi atas tantangan energi global, serta bagaimana peran kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), blockchain, dan teknologi lainnya dalam mengoptimalkan sistem kelistrikan modern.

Selain itu, buku ini juga menyoroti integrasi energi terbarukan, keamanan dan tantangan dalam implementasi, serta dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari smart grid. Kami berharap bahwa buku ini tidak hanya menjadi referensi bagi para profesional dan akademisi di bidang energi, tetapi juga bagi

pemerintah, industri, dan masyarakat luas yang ingin memahami dan berkontribusi dalam revolusi jaringan listrik masa depan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat serta menjadi inspirasi dalam menciptakan sistem energi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan bagi generasi mendatang.

Selamat membaca!

Medan, Mei 2025

Salam hormat,

DR Ir Dina Maizana MT

DAFTAR ISI

	Halaman
SINOPSIS	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
BAB 1: Pendahuluan	1
1.1. Latar belakang dan urgensi transformasi jaringan listrik	1
1.2.Perbedaan antara jaringan listrik konvensional dan smart grid	2
1.3.Manfaat utama smart grid bagi masyarakat dan industri	3
1.4.Tujuan dan struktur buku	5
BAB 2: Dasar-Dasar Smart Grid	8
2.1.Definisi dan konsep smart grid	8
2.2.Komponen utama dalam smart grid	13
2.3.Prinsip kerja jaringan listrik pintar	27
2.4.Peran teknologi informasi dan komunikasi (ICT)	29
BAB 3: Teknologi dalam Smart Grid	32

3.1.Meteran Pintar (Smart Metering): Fungsi dan implementasi	32
3.2.Sistem Distribusi Otomatis (DMS - Distribution Management System)	34
3.3.Internet of Things (IoT) dalam Smart Grid	36
3.4.Artificial Intelligence dan Big Data dalam optimasi jaringan	38
3.5.Blockchain untuk transaksi energi terdesentralisasi	39
BAB 4: Integrasi Energi Terbarukan dalam Smart Grid	43
4.1.Peran smart grid dalam integrasi energi surya dan angin	43
4.2.Manajemen beban listrik dengan sumber energi terbarukan	46
4.3.Penyimpanan energi dan baterai pintar	47
4.4.Grid-tied vs. off-grid smart systems	62
BAB 5: Keamanan dan Tantangan dalam Smart Grid	75
5.1.Ancaman siber dan strategi perlindungan smart grid	75
5.2.Keandalan jaringan listrik dan mitigasi risiko gangguan	78
5.3.Hambatan regulasi dan kebijakan pemerintah	81

5.4. Biaya implementasi dan tantangan ekonomi	
BAB 6: Implementasi Smart Grid di Berbagai Negara	83
6.1. Studi kasus di negara maju: Amerika Serikat, Jerman, Jepang	83
6.2. Penerapan di negara berkembang: China, India, Indonesia	103
6.3. Pelajaran yang dapat diambil dari berbagai implementasi global	109
BAB 7: Masa Depan Smart Grid	111
7.1. Evolusi smart grid menuju jaringan listrik berbasis AI	111
7.2. Peluang pengembangan smart cities dan kendaraan listrik	114
7.3. Potensi teknologi baru: quantum computing dalam optimasi grid	116
7.4. Peran masyarakat dalam mendukung adopsi smart grid	117
BAB 8: Kesimpulan dan Rekomendasi	120
8.1. Ringkasan utama dari buku	120
8.2. Langkah-langkah strategis dalam implementasi smart grid	121
8.3. Dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan smart grid	123
8.4. Rekomendasi untuk pemangku kepentingan	125

(pemerintah, industri, dan masyarakat)

DAFTAR PUSTAKA	128
Indeks	xiv
Glosarium	xx
Tentang Penulis	xxvii

Daftar Gambar

Gambar	Hal.
2.1. Konsep smart grid	9
2.2. Smart Grid Components	14
2.3. Advanced Metering Infrastructure (AMI)	20
2.4. Arsitektur Sistem SCADA	24
2.5. Cybersecurity System	27
3.1. Smart Meter	33
3.2. Fungsi utama DMS	35
3.3. IoT dalam Smart Grid	37
3.4. AI dan Big Data dalam Smart Grid	39
3.5. Blockchain dalam Smart Grid	41
4.1. Smart Grid dalam Integrasi Energi Surya dan Angin	45
4.2. Batere Lithium	48
4.3. Pumped Hydro Storage	49
4.4. Compressed Air Energy Storage	52
4.5. The Powerpack farm's	56
4.6. Hornsdale Power Reserve	59

4.7	Grid-Tied Smart Systems	64
4.8	Off-Grid Smart Systems	67
4.9	Sistem Hibrid	71
5.1	Jenis Ancaman Siber dalam Smart Grid	76
5.2	Strategi Perlindungan Smart Grid	77
5.3	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keandalan Smart Grid	79
5.4	Faktor-Faktor yang Menyebabkan Biaya Tinggi	83
6.1	U.S.A Smart Grid Project Stimulate Coverage	87
6.2	LIVE FROM AUSTIN, TEXAS: The Smart City Challenge	89
6.3	Launch Transportation/Mobility vertical at Austin Technology Incubator	90
6.4	"Energiewende": Changes in the German energy mix	94
6.5	Overview of Japan-U.S. Island Grid Project demonstration	99
6.6	Smart grid vision	104
7.1.	Illustration of the multi-agent tool for the simulation of different functionalities in a multi-actor environment	112

Daftar Tabel

Tabel		Hal.
1.1.	Perbedaan Antara Jaringan Listrik Konvensional dan Smart Grid	3