

REKAYASA DAN PENGKODISIAN ENERGI TERBARUKAN

Penulis: DR. RAMADONI SYAHPUTRA

REKAYASA DAN PENGKODISIAN
ENERGI TERBARUKAN

DR. RAMADONI SYAHPUTRA



Penerbit LP3M UMY



REKAYASA DAN PENGKODISIAN ENERGI TERBARUKAN

DR. RAMADONI SYAHPUTRA



Penerbit LP3M UMY

REKAYASA DAN PENGKONDISIAN ENERGI TERBARUKAN

DR. RAMADONI SYAHPUTRA



Penerbit LP3M UMY

ISBN 978-602-5450-08-2



REKAYASA DAN PENGKONDISIAN ENERGI TERBARUKAN

Penulis : Dr. Ramadoni Syahputra

Editor : Dr. Indah Soesanti

LP3M UMY Yogyakarta

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Diterbitkan pertama kali oleh

Penerbit LP3M UMY Yogyakarta

2019



Anggota IKAPI

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA
Pasal 72:

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah buku ajar berjudul “Rekayasa dan Pengkondisian Energi Terbarukan”. Dengan penulisan buku ajar ini diharapkan dapat membantu para pembaca khususnya mahasiswa Program Studi Teknik Elektro untuk lebih mengenal dan memahami konsep elektromagnetik dan aplikasinya dalam berbagai bidang. Buku ajar ini dapat digunakan sebagai acuan utama oleh mahasiswa dan dosen khususnya Program Studi Teknik Elektro dalam proses pembelajaran matakuliah Rekayasa dan Pengkondisian Energi Terbarukan. Buku ajar ini dapat juga digunakan sebagai acuan tambahan untuk mata-mata kuliah yang berhubungan dengan aplikasi pembangkit tenaga listrik dan energi terbarukan seperti mata kuliah Sistem Tenaga Listrik, Mesin-mesin Listrik, Teknologi Pembangkit Tenaga listrik, dan lain-lain.

Pada bagian awal buku ini diuraikan tentang sistem tenaga listrik beserta perkembangannya diantaranya tentang kehadiran pembangkit tersebar. Pembangkitan tersebar telah menjadi isu penting dalam sistem tenaga listrik modern dalam dekade terakhir. Selanjutnya diuraikan juga tentang sistem transmisi dan distribusi daya listrik, karena merupakan sistem yang terhubung dengan pembangkitan tersebar. Pada bagian berikutnya diuraikan sistem-sistem pembangkit energi terbarukan yang merupakan bagian dari pembangkitan tersebar yang diinjeksikan ke grid sistem transmisi atau distribusi, di antaranya PLTMH, PLTAngin, PLTS, dan Fuel Cell. Dalam bagian ini juga diuraikan hasil-hasil penelitian penulis beserta mahasiswa bimbingan penulis yaitu aplikasi solar home system (SHS) dalam membantu UMKM dan simulasi pembangkit listrik tenaga angin dengan sistem pengendaliannya. Pada bagian akhir buku ini dilengkapi dengan pengendalian berbasis elektronika daya yang umum digunakan dalam sistem tenaga listrik.

Penyelesaian buku ajar ini tidak lepas dari banyak pihak yang telah membantu. Oleh karena itu bersama ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. H. Gunawan Budiyo, M.P., sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,

2. Dr. Ir. Gatot Supangkat, M.P., sebagai Kepala LP3M UMY,
3. Jazaul Ikhsan, ST., MT., Ph.D., sebagai Dekan Fakultas Teknik UMY,
4. Budi Nugroho, S.Sos., selaku Kepala Divisi Publikasi LP3M UMY yang telah banyak membantu sehingga ISBN buku ini dapat diperoleh,
5. Seluruh dosen, karyawan, dan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UMY, yang telah banyak membantu dan memberikan masukan kepada penulis dan dalam mengemban tugas-tugas yang diamanahkan kepada penulis,
6. Almarhumah Ibunda dan Almarhum Ayahanda, semoga Allah SWT mengampuni dosa-dosamu, senantiasa melimpahkan kasih sayang-Nya sebagaimana kasih sayangmu, juga pahit getir perjuanganmu dalam mendidik dan membesarkan putramu ini.
7. Isteriku tercinta Dr. Indah Soesanti, S.T., M.T., yang telah banyak membantu dan memberikan masukan yang sangat berguna dalam penyelesaian buku ajar ini,
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga semuanya tercatat sebagai amal shalih yang mendapatkan balasan di dunia dan akhirat kelak, amin ya robbal 'alamin.

Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan lapang dada. Akhirnya, semoga buku ajar ini dapat bermanfaat dalam proses pembelajaran khususnya pada Program Studi Teknik Elektro.

Yogyakarta, Oktober 2019

Penulis,

Dr. Ramadoni Syahputra

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	.....	i
HALAMAN INFORMASI PENERBITAN	.....	ii
PRAKATA	.....	iii
DAFTAR ISI	.....	iv
1. PENGANTAR SISTEM TENAGA LISTRIK	.....	1
1.1. Sistem Tenaga Listrik	.....	1
1.2. Pembangkit Tersebar	.....	5
2. KARAKTERISTIK SISTEM TRANSMISI DAYA LISTRIK	.....	17
2.1. Pendahuluan	.....	17
2.2. Tegangan Saluran Transmisi	.....	19
2.3. Komponen Utama Saluran Transmisi	.....	20
2.4. Parameter Saluran Transmisi	.....	22
3. REPRESENTASI SALURAN TRANSMISI	.....	39
3.1. Pendahuluan	.....	39
3.2. Klasifikasi Saluran Transmisi	.....	41
3.3. Diagram Pengganti Saluran Transmisi	.....	43
3.4. Rangkaian Kutub Empat	.....	52
3.5. Saluran Transmisi sebagai Kutub Empat	.....	53
3.6. Kompensasi pada Saluran Transmisi	.....	57
4. SISTEM DISTRIBUSI DAYA LISTRIK	.....	69
4.1. Pendahuluan	.....	69
4.2. Subtransmisi	.....	72
4.3. Gardu Induk Distribusi	.....	75
4.4. Sistem Distribusi Primer dan Sekunder	.....	77
4.5. Transformator Distribusi	.....	83

5. FUEL CELL	89
5.1. Pendahuluan	89
5.2. Produksi Hidrogen	91
5.3. Konsep Fuel Cell	94
5.4. Aplikasi Hidrogen	99
5.5. Penetrasi Pasar Hidrogen	105
6. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO	113
6.1. Pendahuluan	113
6.2. Sejarah dan Prinsip Kerja PLTMH	116
7. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA	122
7.1. Pendahuluan	122
7.2. Implementasi Solar Sel	129
8. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN	139
8.1. Pendahuluan	139
8.2. Konsep Dasar PLT Angin	140
8.3. Doubly-Fed Induction Generator	145
8.4. Simulasi PLT Angin	147
9. KENDALI SISTEM PEMBANGKIT TERSEBAR: KOMPONEN DASAR ELEKTRONIKA DAYA	159
9.1. Pendahuluan	159
9.2. Piranti Semikonduktor Daya	161
9.3. Karakteristik Umum Dioda	168
9.4. Efek Zener dan Avalance	170
9.5. Transistor Daya	171
9.6. Pabrikasi BJT	172
9.7. Perkembangan Pabrikasi Penyakelar Daya	173

10. KENDALI SISTEM PEMBANGKITAN TERSEBAR:	
RANGKAIAN ELEKTRONIKA DAYA	191
10.1. Penyearah Dioda	191
10.2. Penyearah Gelombang-Setengah Fase Tunggal	191
10.3. Penyearah Gelombang-Penuh Fase Tunggal	195
10.4. Penyearah Fase Jamak	196
10.5. Konverter DC-DC	198
10.6. Prinsip Operasi Penurun Tegangan	198
10.7. Konverter Penurun Tegangan dengan Beban RL	200
10.8. Konverter Penaik Tegangan dengan Beban RL.....	202
10.9. Inverter PWM	203
10.10. Penyearah Terkontrol	210
 DAFTAR PUSTAKA	 219
GLOSARIUM	223
INDEKS	227

« *halaman ini sengaja dikosongkan* »

BAB I

PENGANTAR SISTEM TENAGA LISTRIK

Tujuan Instruksional Umum:

Memberikan wawasan tentang sistem tenaga listrik disertai perkembangan dan teknologinya dalam dekade terakhir.

Tujuan Instruksional Khusus:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengertian sistem tenaga listrik.
2. Memberikan pengetahuan tentang prinsip dan konfigurasi sistem tenaga listrik .
3. Memberikan pengetahuan tentang komponen sistem tenaga listrik.
4. Memberikan pengetahuan tentang pembangkitan tersebar dalam sistem tenaga listrik.
5. Memberikan pengetahuan tentang prospek sistem tenaga listrik.

1.1 SISTEM TENAGA LISTRIK

Salah satu cara paling ekonomis, mudah dan aman untuk mengirimkan energi adalah melalui bentuk energi listrik. Energi listrik dapat secara kontinyu dikirimkan dari satu tempat ke tempat lain yang jaraknya berjauhan dalam suatu sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban, yang dihubungkan-hubungkan dan membentuk suatu sistem.

Industri tenaga listrik telah dimulai sejak tahun 1882 ketika pusat pembangkit daya listrik pertama yang bernama *Pearl Street Electric Station* mulai beroperasi di kota New York, Amerika Serikat. Selanjutnya industri tenaga listrik sangat pesat perkembangannya, dan stasiun-stasiun pembangkitan dan jaringan transmisi dan distribusi telah bermunculan di berbagai negara.

Energi listrik merupakan energi yang sangat bermanfaat. Tidak dapat dipungkiri lagi bahwa manusia dewasa ini sudah demikian besar tingkat

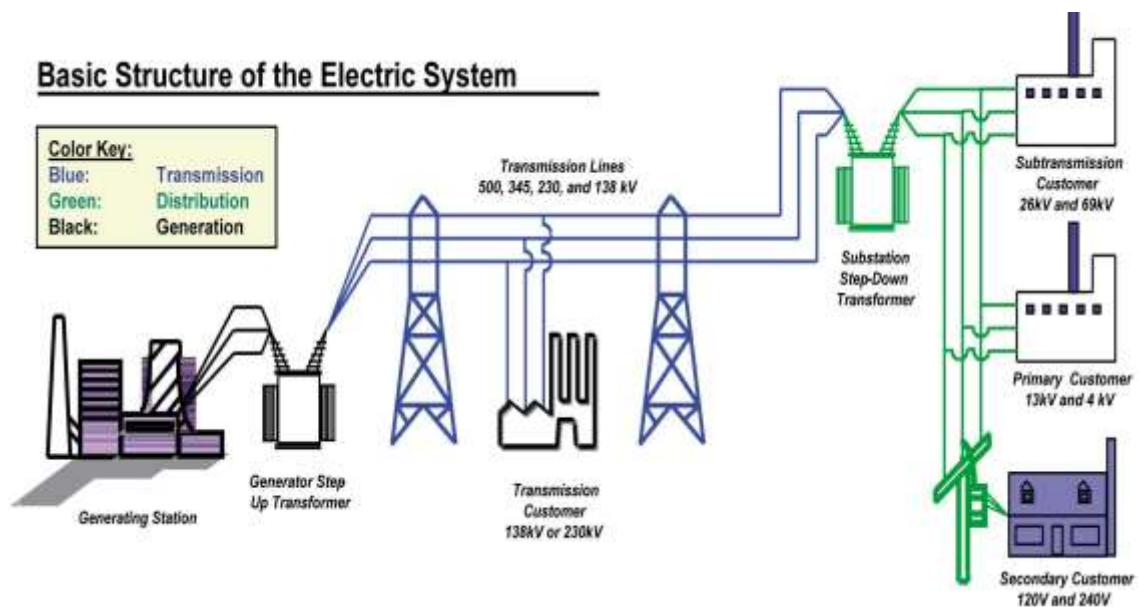
ketergantungannya terhadap energi listrik. Sehingga energi listrik bagi kebutuhan hidup manusia dewasa ini sudah hampir "setara" dengan oksigen. Bahkan ukuran kemajuan suatu negara dapat diukur dari tingkat konsumsi energi listriknya. Sebagai contoh Amerika Serikat yang merupakan negara sebagai negara yang sangat maju pada tahun 2000 mempunyai kapasitas terpasang pembangkit listrik total sekitar 1200 GW atau $1,2 \times 10^{12}$ Watt. Dapat dibandingkan dengan negara kita tercinta, Indonesia, yang masih merupakan negara berkembang pada akhir tahun 2004 untuk sistem Jawa-Bali mempunyai kapasitas terpasang pembangkit listrik sekitar 20 GW. Konsumen listrik di Indonesia sebagian besar berada di Jawa-Bali, sehingga sebagian besar pembangkit listriknya terpusat di pulau Jawa dan Bali.

Berdasarkan data statistik PT PLN (Persero) tahun 2013, pencapaian rasio elektrifikasi seluruh Indonesia baru mencapai 78,06 % pada tahun 2013. Rasio ini Dengan pertumbuhan jumlah pelanggan rumah tangga dari 46.219.780 pelanggan pada akhir tahun 2012 menjadi 50.116.127 pelanggan pada akhir tahun 2013. Selanjutnya pada akhir Desember 2013, total kapasitas terpasang dan jumlah unit pembangkit PLN mencapai 34.206 MW dan 4.925 unit, dengan 26.768 MW (78,26%) berada di Jawa. Total kapasitas terpasang meningkat 3,96% dibandingkan dengan akhir Desember 2012. Prosentase kapasitas terpasang per jenis pembangkit sebagai berikut : PLTU 15.554 MW (45,47%), PLTGU 8.814 MW (25,77%), PLTD 2.848 MW (8,33%), PLTA 3.520 MW (10,29%), PLTG 2.894 MW (8,46%), PLTP 568 MW (1,67%), PLT Surya dan PLT Bayu 8,37 MW (0,02%). Beban puncak pada tahun 2013 mencapai 30.834 MW, meningkat 6,76% dibandingkan tahun sebelumnya. Beban puncak sistem interkoneksi Jawa - Bali mencapai 22.575 MW, atau naik 6,30% dari tahun sebelumnya.

Secara umum, definisi sistem tenaga listrik meliputi sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi, yang secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 1.1. Belakangan ini sistem distribusi jika dilihat dari skala nasional, diperkirakan sama dengan biaya investasi fasilitas pembangkitan. Sistem distribusi bersama-sama dengan sistem pembangkitan berdasarkan pengalaman biasanya

menelan biaya investasi hingga 80% dari total investasi yang dikeluarkan untuk sistem tenaga listrik.

Siklus aliran energi listrik pada sistem tenaga listrik dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada pusat pembangkit, sumber daya energi primer seperti bahan bakar fosil (minyak, gas alam, dan batubara), hidro, panas bumi, dan nuklir diubah menjadi energi listrik. Generator sinkron mengubah energi mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadi energi listrik tiga fasa. Melalui transformator *step-up*, energi listrik ini kemudian dikirimkan melalui saluran transmisi bertegangan tinggi menuju pusat-pusat beban.



Gambar 1.1. Komponen utama sistem tenaga listrik.

Peningkatan tegangan dimaksudkan untuk mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi. Dengan demikian saluran transmisi bertegangan tinggi akan membawa aliran arus yang rendah dan berarti mengurangi rugi panas (*heat loss*) I^2R yang menyertainya. Ketika saluran transmisi mencapai pusat beban, tegangan tersebut kembali diturunkan menjadi tegangan menengah melalui transformator *step-down*. Di pusat-pusat beban yang terhubung dengan saluran

distribusi, energi listrik ini diubah menjadi bentuk-bentuk energi terpakai lainnya seperti energi mekanis (motor), penerangan, pemanas, pendingin, dan sebagainya.

Energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat bermanfaat. Kemajuan suatu negara dapat diukur berdasarkan konsumsi energi listrik pada negara tersebut. Energi listrik merupakan bentuk energi yang “menyenangkan”, karena dapat dengan mudah disalurkan serta dikonversikan ke berbagai bentuk energi lain. Energi listrik dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik seperti pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga gas (PLTG), pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), dan lain-lain. Pusat-pusat pembangkit listrik tersebut umumnya jauh dari daerah-daerah dimana energi listrik itu digunakan, yang disebut sebagai pusat-pusat beban (*load centres*). Oleh karena itu energi listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui suatu saluran transmisi. Karena tegangan yang dihasilkan generator umumnya relatif rendah (berkisar 6 kV hingga 24 kV), maka tegangan ini biasanya dinaikkan dengan bantuan transformator daya ke tingkat tegangan yang lebih tinggi antara 30 kV sampai 500 kV (di beberapa negara maju bahkan sudah sampai 1000 kV).

Tingkat tegangan yang lebih tinggi ini selain untuk memperbesar daya hantar saluran yang berbanding lurus dengan kuadrat tegangan, juga untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran. Dengan mempertinggi tegangan, maka timbul suatu persoalan lain yaitu tingkat isolasi yang harus lebih tinggi, dengan demikian biaya peralatan juga semakin tinggi.

Penurunan tegangan dari tingkat tegangan transmisi pertama-tama dilakukan di gardu induk (GI), dimana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah misalnya dari 500 kV ke 150 kV, atau dari 150 kV ke 70 kV, dan sebagainya. Kemudian penurunan kedua dilakukan di gardu induk distribusi dari 150 kV ke 20 kV atau dari 70 kV ke 20 kV. Tegangan 20 kV ini disebut tegangan distribusi primer.

« halaman ini sengaja dikosongkan »

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdulkadir dkk (Tim IMIDAP), 2008, “Pedoman Studi Kelayakan PLTMH, Integrated Microhydro Development and Application Program (IMIDAP)”, *Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral*, Jakarta.
- [2] A. Jamal, R. Syahputra, 2012, “Adaptive Neuro-Fuzzy Approach for the Power System Stabilizer Model in Multi-machine Power System”, *International Journal of Electrical and Computer Science*, Vol. 12, Issue 2.
- [3] A. Keyhani, M.N. Marwali, dan M. Dai, 2010, “Integration of Green and Renewable Energy on Electric Power Systems”, *John Wiley & Sons*, New Jersey.
- [4] A.V. da Rosa, 2005, “Fundamentals of Renewable Energy Processes”, *Elsevier Academic Press*, London.
- [5] A.M. Borbely and J.F. Kreider, 2001, “Distributed Generation: The Power Paradigm for the New Millennium”, *CRC Press, Taylor and Francis Group*, Washington D.C.
- [6] A.R. Jha, 2010, “Solar Cell Technology and Applications”, *CRC Press, Taylor and Francis Group*, New York.
- [7] A. Senoaji dkk (Tim IMIDAP), 2010, “Mikro dan Mini Hidro: Harmoni Alam Dan Peluang Bisnis, Buku Pedoman Pembangunan PLTMH dan PLTM On Grid Sebagai Usaha Bisnis Penyediaan Tenaga Listrik, Integrated Microhydro Development And Application Program (IMIDAP)”, *Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral*, Jakarta.
- [8] A. Tapia, G. Tapia, J. X. Ostolaza, and J. R. Saenz, 2007, “Modeling and control of a wind turbine driven doubly fed induction generator,” *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol.18, pp. 194-204, 2003. Bent Sørensen, “Renewable Energy Conversion, Transmission, and Storage”, AP Press, New York.
- [9] B.C. Babu and K.B. Mohanty, 2010, “Doubly-Fed Induction Generator for Variable Speed Wind Energy Conversion Systems - Modeling & Simulation”, *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, Vol. 2, No. 1, pp. 1793-8163.
- [10] B.H. Chowary and S. Chellapilla, 2006, “Doubly-fed induction generator for variable speed wind power generation” *Transactions on Electric Power System Research*, Vol.76, pp. 786-800.
- [11] D. Pimentel, 2008, “Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems: Benefits and Risks”, *Springer Verlag*, New York.

- [12] H.Li and Z. Chen, 2008, “Overview of generator topologies for wind turbines,” *IET Proc. Renewable Power Generation*, vol. 2, no. 2, pp. 123–138.
- [13] J.G. Slootweg, S. W. H. Haan, H. Polinder, and W.L. Kling. “General Model for Representing Variable Speed Wind Turbines in Power System Dynamics Simulations”. *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 18, No. 1, February, 2003
- [14] J.J. Grainger dan W.D. Stevenson, 1994, “Power System Analysis”, *McGraw-Hill*, Singapore.
- [15] John Twidell and Tony Weir, 2006, “Renewable Energy Resources, Second Edition”, Taylor & Francis, New York.
- [16] L. Mihet-Popa and F. Blaabrierg, 2004, “Wind Turbine Generator Modeling and Simulation Where Rotational Speed is the Controlled Variable”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 40, No.1.
- [17] M.A. Poller, 2003, “Doubly-Fed Induction Machine Models for Stability Assessment of Wind Farms”, [*Power Tech Conference Proceedings of 2003 IEEE Bologna*](#), Vol.3, 6 pp. 23-26 June 2003
- [18] M. Dai, M.N. Marwali, Jin-Woo Jung, and A. Keyhani, 2008, “Power flow control of a single distributed generation unit”, *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 23, issue 1, pp. 343–352.
- [19] M. Dai, M.N. Marwali, Jin-Woo Jung, and A. Keyhani, 2008, “A three-phase four-wire inverter control technique for a single distributed generation unit in island mode”, *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 23, issue 1, pp. 322–331.
- [20] P. Breeze, 2005, “Power Generation Technologies”, *Elsevier's Science and Technology*, oxford.
- [21] R. Syahputra, I. Robandi, and M. Ashari, 2011, “Control of Doubly-Fed Induction Generator in Distributed Generation Units Using Adaptive Neuro-Fuzzy Approach”, *Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (3rd APTECS)*, Surabaya, 6 Dec. 2011.
- [22] R. Syahputra, M. Ashari, and I. Robandi, 2011, “Modeling and Simulation of Wind Energy Conversion System in Distributed Generation Units”, *Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (3rd APTECS)*, Surabaya, 6 Dec. 2011.
- [23] R. Syahputra, 2012, “Fuzzy Multi-objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG”, *International Journal of Computer Science and Information Technology*, Vol. 4, No.2.
- [24] S. Kim and E. Kim, 2007, “PSCAD/EMTDC-based modeling and analysis of a gearless variable speed wind turbine”, *IEEE Trans Energy Conversion*, Vol. 22, No. 2, pp. 421-430.
- [25] S.S. Müller, M. Deicke, and R. W. De Doncker, 2002, “Doubly-fed induction generator system for wind turbines”, *IEEE Industry Applications Magazine*.

- [26] T. T. Chuong, 2008, “Voltage Stability Investigation of Grid Connected Wind Farm”, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol. 42, pp. 532-536.
- [27] T.S. Hutaaruk, 1996, “Transmisi Daya Listrik”, *Erlangga*, Jakarta.
- [28] T. Gonen, 1986, “Electric Power Distribution System Engineering”, *McGraw-Hill*, New York.
- [29] Y. Lei, A.Mullane, G.Lightbody, and R.Yacamini, 2006, “Modeling of the Wind Turbine With a Doubly Fed Induction Generator for Grid Integration Studies,” *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 21(1), pp.257-264.
- [30] Zuhail, 1996, “Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya”, *Gramedia*, Jakarta.

« halaman ini sengaja dikosongkan »

INDEX

- AAAC, 21
AAC, 21
AC, 10, 18, 32, 83, 123, 130, 133,
135, 140, 146, 147, 148
ACAR, 21
ACSR, 21, 33, 37
Aluminium, 21, 23, 223
anoda, 93, 95, 96, 97, 183, 184, 186,
187, 188, 212
Arus, 46, 130, 133, 135, 153, 168,
179, 184, 187, 194, 200, 201, 202,
203
ATS, 131
Bahan bakar fosil, 5
belitan, 84, 85, 86, 146, 148, 196,
197, 208
BiMOSFET, 178, 179
biomassa, 5, 6, 102, 103
Carbon, 89
Circular Mil, 22
CO₂, 89, 90, 91, 124, 140
Completely Self-Protecting, 83
DC, 10, 12, 15, 18, 24, 32, 37, 123,
140, 146, 148, 191, 198
DFIG, 146, 148, 149
DG, 6, 10, 11, 12, 220
diagram pengganti, 41, 43
dioda, 125, 159, 165, 168, 169, 170,
171, 172, 173, 185, 192, 193, 195,
196, 197, 200, 208, 210, 211
distribusi primer, 4, 77, 78, 80, 81, 87
distribusi sekunder, 81, 82, 83
distributed generation, 6, 7, 159, 220
doubly-fed induction generator, 146,
147, 148
DSP, 13
EBT, 113
Efisiensi, 49, 108, 127
EHV, 42
elektroda, 35, 93, 95, 96, 97, 108
elektrokimia, 11, 94, 104, 127
elektrolit asam, 96
elektron, 93, 95, 96, 99, 163, 164,
165, 167, 170, 176, 177, 187
elektronika daya, 12, 14, 124, 141,
147, 148, 159, 160, 181, 182, 191,
205
energi, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12,
13, 15, 17, 18, 70, 81, 83, 84, 89,
90, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100,
102, 103, 104, 105, 106, 108, 110,
111, 113, 115, 116, 117, 118, 120,
122, 123, 124, 125, 126, 127, 139,
140, 143, 144, 148, 149, 159, 160,
164, 165, 167, 168, 170, 177, 198,
202
Energi, 1, 4, 5, 9, 89, 94, 113, 116,
120, 122, 123, 125, 137, 140, 219
energi terbarukan, 5, 7, 103
fluks, 25, 27, 28, 29, 84, 85, 86, 224
fluks bocor, 84
Fourier, 205, 211
Frekuensi, 31, 38, 133, 135
fuel cell, 89, 94, 104, 111, 121, 138,
157, 189, 204, 217
gangguan, 11, 12, 13, 14, 17, 74, 78,
152, 153, 154, 155, 156
Gardu induk, 69, 70, 75
Generator, 3, 140, 219, 220, 221
GMR, 32, 33, 223
GTO, 182, 198, 204
H₂, 90, 91, 93, 94, 95, 100, 104
H₂O, 89, 90, 94, 95
hidrogen, 12, 89, 90, 91, 92, 93, 94,
95, 98, 99, 100, 101, 102, 103,
104, 105, 106, 107, 108, 109, 110,
111, 127
hidrokarbon, 89
IGBT, 147, 148, 175, 176, 177, 178,
179, 180, 181, 182, 199, 204
Insulasi, 129
Inverter, 94, 123, 132, 133, 134, 135,
136, 137, 204, 205, 206, 207, 208,
209

Isolator, 20, 223
 JFET, 173
 kapasitansi, 22, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 66, 174, 175, 176, 181
 Kapasitor, 65, 75
 katoda, 93, 95, 97, 183, 184, 187, 212, 213
 Kawat tanah, 20, 21, 223
 keandalan, 19, 74, 78, 103
 kompensasi, 39, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68
 konduktor, 22, 24, 25, 26, 31, 32, 37, 38, 78, 92, 127, 224
 konstanta Plancks, 125
 konverter, 9, 10, 14, 147, 148, 191, 198, 199, 200, 202, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217
 korona, 41, 42
 Lightning arrester, 75
 linier, 23, 52, 169, 176
 manajemen beban, 101
 MOSFET, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 181, 198, 204
 O₂, 89, 94, 95, 97, 104
 panjang elektrik, 57, 59, 60, 61, 62, 68
 pembangkit listrik, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 90, 92, 99, 102, 113, 114, 116, 117, 118, 120, 122, 123, 124, 128, 139, 140, 141, 143, 147, 159
 pembangkitan tersebar, 1, 6, 7, 9, 11, 159, 191
 PLN, 5, 115, 116, 123, 124, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137
 PLTA, 4, 114, 116, 120
 PLTA Angin, 139, 140, 146, 147, 148, 150, 151, 153, 154, 155, 156
 PLTMH, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 219
 PLTS, 122, 123, 124
 polarisasi, 97, 98
 protective link, 83
 PV, 10, 108
 PWM, 148, 191, 203, 204
 radiasi, 123
 reaktor, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 224
 reaktor shunt, 57, 58, 60, 63, 65
 RLC, 207
 rpm, 12, 133, 143
 RSP, 13
 rugi panas, 3
 saklar, 44, 76, 130, 162, 176, 182, 198
 saluran transmisi, 3, 17, 18, 20, 22, 39, 41, 42, 52, 58, 60, 224
 sel bahan bakar, 11, 12, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 106, 110
 Sel bahan bakar, 94, 95, 97, 106
 semikonduktor, 125, 127, 128, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 172, 176, 177, 178, 182, 183, 199, 204, 208, 210
 SHS, 129, 130, 133, 134, 137
 shunt, 49, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 75, 79, 224
 silikon, 125, 126, 127, 162, 163, 164, 168, 187
 simulasi, 14, 139, 147, 151, 152
 Sistem distribusi, 2, 81, 83
 sistem tenaga listrik, 1, 2, 3, 6, 11, 14, 15, 17, 39, 69, 73, 145, 148, 159
 Solar, 99, 108, 126, 127, 219
 step-down, 3, 81, 198
 step-up, 3, 198
 subtransmisi, 69, 70, 72, 73, 74, 87, 225
 tap changer, 83
 Tegangan, 4, 9, 11, 19, 39, 42, 47, 67, 70, 72, 123, 130, 133, 135, 140, 148, 152, 153, 154, 174, 175, 179, 187, 195, 196, 203, 205, 206, 212, 213, 215
 tegangan jatuh, 15, 97, 149, 155
 teknologi manufaktur, 123
 Tinggi jatuh, 117
 tiristor, 147, 159, 161, 162, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 210, 211, 212, 213, 215

Torsi, *144*
Transformator, *69, 70, 75, 76, 77, 83, 84, 86, 87*
transformator distribusi, *70, 77, 78, 79, 81, 83*
transmisi, *1, 2, 3, 4, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 29, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 72, 91, 143, 159, 160, 224, 225*
turbin, *3, 10, 103, 116, 117, 140, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 155*
UMKM, *133, 135, 137*
utilitas, *10, 11, 15*
Voltage regulation, *152, 153, 155*
Zener, *170*

BIODATA PENULIS



Nama Lengkap	Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.
Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
Tempat dan Tanggal Lahir	Galang, Deli Serdang, Sumatera Utara, 10 Oktober 1974
Agama	Islam
Pekerjaan	Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Pendidikan	S1: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Medan, Medan, 1993-1998 S2: Program Studi Ilmu Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 1999-2002 S3: Program Studi Ilmu Teknik Elektro Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011-2015
Alamat Rumah	Perum Popongan No. AA1, Jl. Magelang Km 5 Sinduadi, Mlati, Sleman, DI Yogyakarta 55284
Nomor HP	081215526565
Alamat Kantor	Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UMY Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183
Nomor Telepon/Faks	0274-387656/ 0274-387646
Alamat e-mail	ramadoni@umy.ac.id