

DIKTAT KULIAH

REKAYASA DAN PENGKONDISIAN

ENERGI TERBARUKAN

(KODE MK: TEU-9912)



Oleh
Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2016

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan diktat kuliah "Rekayasa dan Pengkondisian Energi Terbarukan". Dengan penulisan diktat ini diharapkan dapat membantu para pembaca khususnya mahasiswa jurusan Teknik Elektro untuk lebih mengenal dan memahami teori dan aplikasi tentang Energi Terbarukan di dunia.

Penyelesaian diktat kuliah ini tidak lepas dari beberapa pihak yang telah banyak membantu. Oleh karena itu bersama ini penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. Bambang Cipto, M.A., sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
3. Ir. Agus Jamal, M.Eng., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
4. Sejawat Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis dalam melaksanakan tugas yang diberikan kepada penulis,
5. Isteriku tercinta Dr. Indah Soesanti, S.T., M.T., yang telah banyak membantu dan memberikan masukan yang sangat berguna dalam penyelesaian diktat ini,
6. Ibunda dan ayahanda (alm) yang selalu mendoakan penulis,
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dan
8. Semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa diktat kuliah ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan lapang dada.

Akhirnya, semoga diktat kuliah ini dapat bermanfaat dalam proses belajar-mengajar khususnya di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, September 2015
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENGANTAR ENERGI TERBARUKAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Gaya, Energi dan Daya	2
1.3 Konservasi Energi: Hukum Pertama Termodinamika	3
1.4 Bentuk energi	4
1.5 Konversi dan Efisiensi	6
1.6 Penggunaan Energi Saat Ini	7
1.7 Bahan Bakar Fosil dan Perubahan Iklim	10
1.8 Sumber Energi Terbarukan	12
1.9 Energi Terbarukan Di Masa Depan yang Berkelanjutan	14
BAB II ENERGI TERMAL SURYA	16
2.1 Pendahuluan	16
2.2 Pemanas Air Surya Roofitop	17
2.3 Sifat dan Ketersediaan Radiasi Matahari	20
2.4. Konservasi Daya Kompleks	19
2.5. Keajaiban Kaca	27
2.6. Sejarah Pemanasan Aktif Surya	37
2.7. Pemanas Surya Pasif	44
2.8. Pencahayaan	58
2.9. Mesin Surya Termal Dan Pembangkit Listrik	60
2.10. Ekonomi, Potensi Dan Dampak Lingkungan	70
BAB III PHOTOVOLTAIC SURYA	72
3.1. Pendahuluan	72
3.2 Mengenal Photovoltaics	72
3.3 PV dalam silikon: Prinsip-prinsip Dasar	76
3.4 Crystalline PV: Mengurangi Biaya Dan Meningkatkan Efisiensi	83

3.5 PV Film Tipis	85
3.6 Teknologi PV Inovatif Lainnya	89
3.7 Karakteristik Listrik Dan Modul Sel Silikon PV	93
3.8 Sistem PV untuk Keperluan Daya Jarak Jauh	95
3.9 Sistem PV Terkoneksi-Grid	96
3.10 Biaya Energi PV	103
3.11 Dampak Lingkungan dan Keamanan Sistem PV	104
3.12 PV: Integrasi, Sumber Daya dan Prospek Masa Depan	107
BAB IV BIOENERGI	112
4.1 Pendahuluan	112
4.2 Bioenergi: Dahulu dan Sekarang	114
4.3 Biomassa Sebagai Bahan Bakar	116
4.4 Bioenergi Sebagai Sumber Energi	119
4.5 Sumber-sumber Bioenergi Sebagai Limbah	123
4.6 Pembakaran Biomassa Padat	129
4.7 Produksi Bahan Bakar Gas Dari Biomassa	130
4.8 Produksi Bahan Bakar Cair Dari Biomassa	135
BAB V PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIDRO	138
5.1 Pendahuluan	138
5.2 Galloway Hydros	138
5.3 Sejarah Dan Prinsip Kerja PLTMH	142
BAB VI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN	147
6.1 Pendahuluan	147
6.2 Energi Angin	149
6.3 Turbin Angin	150
DAFTAR PUSTAKA	157

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali Keyhani, Mohammad N. Marwali, dan Min Dai, 2010, "Integration of Green and Renewable Energy on Electric Power Systems", John Wiley & Sons, New Jersey.
- [2] Aldo Vieira da Rosa, 2005, "Fundamentals of Renewable Energy Processes", Elsevier Academic Press, London.
- [3] A. Tapia, G. Tapia, J. X. Ostolaza, and J. R. Saenz, "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, 2007, "Renewable Energy Conversion, Transmission, and Storage", AP Press, New York.
- [4] B.C. Babu and K.B. Mohanty, "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, February, 2010.
- [5] David Pimentel, 2008, "Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems: Benefits and Risks", Springer, New York.
- [6] H.Li and Z. Chen, "Overview of generator topologies for wind turbines," IET Proc. Renewable Power Generation, vol. 2, no. 2, pp. 123–138, Jun.2008.
- [7] 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
- [8] J.J. Grainger dan W.D. Stevenson, 1994, "Power System Analysis", McGraw-Hill, Singapore.
- [9] John Twidell and Tony Weir, 2006, "Renewable Energy Resources, Second Edition", Taylor & Francis, New York.
- [10] L. Mihet-Popa and F. Blaabrierg, "Wind Turbine Generator Modeling and Simulation Where Rotational Speed is the Controlled Variable", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 40, No.1, Jan./Feb. 2004.
- [11] Syahputra, R., Soesanti, I. (2016). DFIG Control Scheme of Wind Power Using ANFIS Method in Electrical Power Grid System. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 11(7), pp. 5256-5262.
- [12] Soesanti, I., Syahputra, R. (2016). Batik Production Process Optimization Using Particle Swarm Optimization Method. Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT), 86(2), pp. 272-278.
- [13] Syahputra, R., Soesanti, I. (2016). Design of Automatic Electric Batik Stove for Batik Industry. Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT), 87(1), pp. 167-175.
- [14] Syahputra, R. (2016). Application of Neuro-Fuzzy Method for Prediction of Vehicle Fuel Consumption. Journal of Theoretical and Applied Information Technology (JATIT), 86(1), pp. 138-149.
- [15] Jamal, A., Suropto, S., Syahputra, R. (2016). Performance Evaluation of Wind Turbine with Doubly-Fed Induction Generator. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 11(7), pp. 4999-5004.
- [16] Syahputra, R., (2016), "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.

- [17] Syahputra, R., (2015), "Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- [18] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- [19] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm. *TELKOMNIKA*, 13(3). pp. 759-766.
- [20] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). PSO Based Multi-objective Optimization for Reconfiguration of Radial Distribution Network. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 10(6), pp. 14573-14586.
- [21] Syahputra, R. (2015). Simulasi Pengendalian Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan Teknik Neuro-Fuzzy Adaptif. *Jurnal Teknologi*, 8(2), pp. 161-168.
- [22] Syahputra, R. (2015). Characteristic Test of Current Transformer Based EMTP Software. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), pp. 11-15.
- [23] Syahputra, R., (2012), "Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- [24] Jamal, A., Suropto, S., Syahputra, R. (2015). Multi-Band Power System Stabilizer Model for Power Flow Optimization in Order to Improve Power System Stability. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 80(1), pp. 116-123.
- [25] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Optimization of Distribution Network Configuration with Integration of Distributed Energy Resources Using Extended Fuzzy Multi-objective Method. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 9(3), pp. 629-639.
- [26] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). Performance Analysis of Wind Turbine as a Distributed Generation Unit in Distribution System. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 6, No. 3, pp. 39-56.
- [27] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2014), "Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method". *IPTEK Journal of Proceedings Series*. 2014; 1(1): pp. 224-229.
- [28] Jamal, A., Syahputra, R. (2014). Power Flow Control of Power Systems Using UPFC Based on Adaptive Neuro Fuzzy. *IPTEK Journal of Proceedings Series*. 2014; 1(1): pp. 218-223.
- [29] Syahputra, R., (2013), "A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.
- [30] Jamal, A., Syahputra, R. (2013). UPFC Based on Adaptive Neuro-Fuzzy for Power Flow Control of Multimachine Power Systems. *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, 2(10), pp. 05-14.
- [31] Syahputra, R., (2012), "Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG", *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68.

- [32] Jamal, A., Syahputra, R. (2012), "Adaptive Neuro-Fuzzy Approach for the Power System Stabilizer Model in Multi-machine Power System", *International Journal of Electrical & Computer Sciences (IJECS)*, Vol. 12, No. 2, 2012.
- [33] Jamal, A., Syahputra, R. (2011), "Model Power System Stabilizer Berbasis Neuro-Fuzzy Adaptif", *Semesta Teknik*, Vol. 14, No. 2, 2011, pp. 139-149.
- [34] Utomo, A.T., Syahputra, R., Iswanto, (2011), "Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengukur Suhu Delapan Ruang", *Jurnal Teknologi*, 4(2).
- [35] Syahputra, R., (2010), "Aplikasi Deteksi Tepi Citra Termografi untuk Pendeteksian Keretakan Permukaan Material", *Forum Teknik*, Vol. 33, 2010.
- [36] Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). "Control of Synchronous Generator in Wind Power Systems Using Neuro-Fuzzy Approach", *Proceeding of International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE) 2015*, UNESA Surabaya, pp. 187-193.
- [37] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). "Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources", *Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
- [38] Soedibyo, Ashari, M., Syahputra, R. (2014), Power loss reduction strategy of distribution network with distributed generator integration. *1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*, UNDIP Semarang, pp. 404 – 408.
- [39] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2013), "Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method". *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2013; pp. 224-229.
- [40] Riyadi, S., Azra, R.A., Syahputra, R., Hariadi, T.K., (2014), "Deteksi Retak Permukaan Jalan Raya Berbasis Pengolahan Citra dengan Menggunakan Kombinasi Teknik Thresholding, Median Filter dan Morphological Closing", *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)2 2014*, UMS Surakarta, pp. 46-53.
- [41] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2012), "Reconfiguration of Distribution Network with DG Using Fuzzy Multi-objective Method", *International Conference on Innovation, Management and Technology Research (ICIMTR)*, May 21-22, 2012, Melacca, Malaysia.
- [42] Jamal, A., Syahputra, R., (2011), "Design of Power System Stabilizer Based on Adaptive Neuro-Fuzzy Method". *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2011; pp. 14-21.
- [43] Syahputra, R. (2010). Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines. *Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS)*, Surabaya, 21-22 Dec. 2010, pp. 419-423.
- [44] Syahputra, R., (2015), "Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- [45] Syahputra, R., (2014), "Estimasi Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran Transmisi Tenaga Listrik", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* Vol. 17, No. 2, pp. 106-115, Nov 2014.
- [46] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2011), "Modeling and Simulation of Wind Energy Conversion System in Distributed Generation Units". *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2011; pp. 290-296.

- [47] Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2011), "Control of Doubly-Fed Induction Generator in Distributed Generation Units Using Adaptive Neuro-Fuzzy Approach". International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS). 2011; pp. 493-501.