



Penerbit Cendikia  
Mulia Mandiri



# Energi Terbarukan dan Sistem Listrik

**Aldi Cahya Muhammad, B.Sc.Engg., M.Sc.Engg.**

**Budiman Ricardo Saragih, S.T., M.T**

**Roy Lamrun Sianturi, S.Pd., M.T**

**Dr. Ir. Usman Tahir, S.T., M.T**

**Rinaldo Hasudungan Malau, S.Pd., M.T**

**Umi Kholifah, M.Pd.**

**Wilson Sabastian Nababan, S.T., M.T**

**Nofi Nofrial, M.Pd.T**

**Tiara Melinda, S.T., M.T**

**Adhityo Nugraha Barsei, S.A.P., M.A**



**Editor : Paput**

# ENERGI TERBARUKAN DAN SISTEM LISTRIK

**Penulis:**

**Aldi Cahya Muhammad, B.Sc.Engg., M.Sc.Engg.**

**Budiman Ricardo Saragih, S.T., M.T**

**Roy Lamrun Sianturi, S.Pd., M.T**

**Dr. Ir. Usman Tahir, S.T., M.T**

**Rinaldo Hasudungan Malau, S.Pd., M.T**

**Umi Kholifah, M.Pd.**

**Wilson Sabastian Nababan, S.T., M.T**

**Nofi Nofrial, M.Pd.T**

**Tiara Melinda, S.T., M.T**

**Adhityo Nugraha Barsei, S.A.P., M.A**

**Editor:**

**Paput**



**Penerbit Yayasan  
Cendikia Mulia Mandiri**

# ENERGI TERBARUKAN DAN SISTEM LISTRIK

## **Penulis:**

Aldi Cahya Muhammad, B.Sc.Engg., M.Sc.Engg.  
Budiman Ricardo Saragih, S.T., M.T  
Roy Lamrun Sianturi, S.Pd., M.T  
Dr. Ir. Usman Tahir, S.T., M.T  
Rinaldo Hasudungan Malau, S.Pd., M.T  
Umi Kholifah, M.Pd.  
Wilson Sabastian Nababan, S.T., M.T  
Nofi Nofrial, M.Pd.T  
Tiara Melinda, S.T., M.T  
Adhityo Nugraha Barsei, S.A.P., M.A

## **Editor:**

Paput

## **Penerbit:**

Yayasan Cendikia Mulia Mandiri

## **Redaksi:**

Perumahan Cipta No.1  
Kota Batam, 29444  
**Email:** cendikiamuliamandiri@gmail.com

**ISBN: 9786347610065**

**Terbit: Februari 2026**

**IKAPI: 011/Kepri/2022**

## **Ukuran:**

viii hal + 157 hal;  
14,8cm x 21cm

Cetakan Pertama, 2026.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang.

Dilarang Keras Memperbanyak Karya Tulis Ini Dalam Bentuk Dan Dengan Cara Apapun  
Tanpa Izin Tertulis Dari Penerbit

---

# KATA PENGANTAR

Syukur *alhamdulillah* penulis haturkan kepada Allah Swt. yang senantiasa melimpahkan karunia dan berkah-Nya sehingga penulis mampu merampungkan karya ini tepat pada waktunya, sehingga penulis dapat menghadirkannya dihadapan para pembaca. Kemudian, tak lupa *shalawat* dan salam semoga senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan ahli keluarganya yang mulia.

Energi terbarukan merupakan solusi strategis dalam menghadapi keterbatasan sumber energi fosil serta dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Pemanfaatan energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi menjadi semakin penting seiring meningkatnya kebutuhan energi dan tuntutan pengurangan emisi gas rumah kaca. Transisi menuju energi bersih ini tidak hanya bertujuan untuk menjaga kelestarian lingkungan, tetapi juga untuk meningkatkan ketahanan dan kemandirian energi.

Dalam sistem listrik, penerapan energi terbarukan menuntut adanya sistem yang andal, fleksibel, dan efisien. Karakteristik energi terbarukan yang bergantung pada kondisi alam memerlukan pengelolaan sistem listrik yang baik, termasuk

pengembangan jaringan cerdas (smart grid), teknologi penyimpanan energi, serta sistem pengendalian yang optimal.

Dalam keperluan itulah, buku **Energi Terbarukan dan Sistem Listrik** ini sengaja penulis hadirkan untuk pembaca. Tujuan buku ini adalah sebagai panduan bagi setiap orang yang ingin mempelajari dan memperdalam ilmu pengetahuan.

Penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga bagi semua pihak yang telah berpartisipasi. Terakhir seperti kata pepatah bahwa” Tiada Gading Yang Tak Retak” maka penulisan buku ini juga jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat berterima kasih apabila ada saran dan masukan yang dapat diberikan guna menyempurnakan buku ini di kemudian hari.

2026

**Penulis**

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>BAB I KONSEP DASAR ENERGI DAN LISTRIK.....</b>	<b>1</b>
Aldi Cahya Muhammad, B.Sc.Engg., M.Sc.Engg.	
1.1.    Hukum Kekekalan Energi dan Transformasi Energi.....	1
1.2.    Energi Terbarukan dan Energi Tidak Terbarukan .....	3
1.3.    Konsep Dasar Listrik.....	6
1.4.    Besaran Listrik: Tegangan, Arus, Hambatan, dan Daya .....	8
1.5.    Sistem Kelistrikan dan Aliran Energi Listrik.....	11
1.6.    Efisiensi Energi dan Kehilangan Daya dalam Sistem Listrik.....	13
<b>BAB II SUMBER ENERGI TERBARUKAN MATAHARI, ANGIN, DAN AIR .....</b>	<b>17</b>
Budiman Ricardo Saragih, S.T., M.T	
2.1.    Energi Matahari sebagai Sumber Energi Terbarukan .....	17
2.2.    Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya	19
2.3.    Energi Angin sebagai Sumber Energi Terbarukan .....	22
2.4.    Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu..	25
2.5.    Energi Air sebagai Sumber Energi Terbarukan..	27
2.6.    Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	29
<b>BAB III ENERGI BIOMASSA DAN PANAS BUMI .....</b>	<b>33</b>
Roy Lamrun Sianturi, S.Pd., M.T	
3.1.    Sumber dan Karakteristik Biomassa.....	33

3.2.	Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa.....	35
3.3.	Pemanfaatan Biomassa dalam Sistem Kelistrikan .....	38
3.4.	Pengertian Energi Panas Bumi ( <i>Geotermal</i> ) .....	40
3.5.	Sumber dan Karakteristik Energi Panas Bumi....	42
3.6.	Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.....	44

**BAB IV SISTEM TENAGA LISTRIK KONVENSIONAL VS TERBARUKAN..... 47**

Dr. Ir. Usman Tahir, S.T., M.T

4.1.	Karakteristik Sistem Tenaga Listrik Konvensional .....	47
4.2.	Sumber Energi pada Sistem Tenaga Listrik Konvensional .....	49
4.3.	Dampak Lingkungan Sistem Tenaga Listrik Konvensional .....	51
4.4.	Perbandingan Sistem Tenaga Listrik Konvensional dan Terbarukan.....	53
4.5.	Tantangan dan Peluang Transisi Sistem Tenaga Listrik .....	56
4.6.	Arah Pengembangan Sistem Tenaga Listrik Berkelanjutan .....	58

**BAB V INTEGRASI ENERGI TERBARUKAN KE SISTEM LISTRIK ..... 61**


Rinaldo Hasudungan Malau, S.Pd., M.T

5.1.	Konsep Dasar Integrasi Energi Terbarukan .....	61
5.2.	Karakteristik Energi Terbarukan dalam Sistem Listrik .....	65
5.3.	Tantangan Teknis Integrasi Energi Terbarukan	69
5.4.	Stabilitas dan Keandalan Sistem Listrik .....	73

**BAB VI GRID LISTRIK DAN SMART GRID..... 77**


Umi Kholifah, M.Pd.	
6.1.	Konsep Dasar Grid Listrik ..... 77
6.2.	Perkembangan dan Transformasi Grid Listrik Modern ..... 81
6.3.	Pengertian dan Prinsip Smart Grid ..... 84
6.4.	Komponen Utama Smart Grid ..... 88
<b>BAB VII PENYIMPANAN ENERGI BATERAI DAN TEKNOLOGI LAIN ..... 93</b>	
Wilson Sabastian Nababan, S.T., M.T	
7.1.	Konsep Dasar Penyimpanan Energi ..... 93
7.2.	Peran Penyimpanan Energi dalam Sistem Listrik ..... 96
7.3.	Teknologi Baterai untuk Penyimpanan Energi 100
7.4.	Teknologi Penyimpanan Energi Non-Baterai ... 103
<b>BAB VIII EFISIENSI ENERGI DAN PENGHEMATAN LISTRIK ..... 107</b>	
Nofi Nofrial, M.Pd.T	
8.1.	Konsep Dasar Efisiensi Energi ..... 107
8.2.	Strategi Penghematan Energi dalam Sistem Listrik ..... 110
8.3.	Teknologi Efisiensi Energi pada Perangkat Listrik ..... 114
8.4.	Manajemen Beban dan Otomasi Energi..... 117
<b>BAB IX SISTEM KONTROL DAN OTOMASI ..... 121</b>	
Tiara Melinda, S.T., M.T	
9.1.	Konsep Dasar Sistem Kontrol Energi Terbarukan ..... 121
9.2.	Jenis-jenis Sistem Kontrol dan Otomasi ..... 124
9.3.	Pengendalian Output Energi Terbarukan..... 128
9.4.	Integrasi Otomasi dengan Smart Grid ..... 131

<b>BAB X ENERGI TERBARUKAN UNTUK ELEKTRIFIKASI DESA TERPENCIL .....</b>	<b>135</b>
Adhityo Nugraha Barsei, S.A.P., M.A	
10.1. Tantangan Energi di Desa Terpencil .....	135
10.2. Kebijakan dan Arah Pembangunan .....	138
10.3. Energi Terbarukan untuk Desa Terpencil .....	140
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>145</b>



Energi terbarukan merupakan solusi strategis dalam menghadapi keterbatasan sumber energi fosil serta dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Pemanfaatan energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi menjadi semakin penting seiring meningkatnya kebutuhan energi dan tuntutan pengurangan emisi gas rumah kaca. Transisi menuju energi bersih ini tidak hanya bertujuan untuk menjaga kelestarian lingkungan, tetapi juga untuk meningkatkan ketahanan dan kemandirian energi.

Dalam sistem listrik, penerapan energi terbarukan menuntut adanya sistem yang andal, fleksibel, dan efisien. Karakteristik energi terbarukan yang bergantung pada kondisi alam memerlukan pengelolaan sistem listrik yang baik, termasuk pengembangan jaringan cerdas (smart grid), teknologi penyimpanan energi, serta sistem pengendalian yang optimal.



Penerbit Cendekia  
Mulia Mandiri



ISBN 978-634-7610-06-5



9

786347

610065