

Masrur Alatas



SISTEM & TEKNOLOGI PLTS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP



SISTEM & TEKNOLOGI PLTS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP

Masrur Alatas



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

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 Rp100.000.000 (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 Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**SISTEM & TEKNOLOGI PLTS
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP**

Penulis:
Masrur Alatas

Desain Cover:
Tahta Media

Editor:
Bdn. Chentia Misse Issabella, S.ST., M.Tr.Keb

Proofreader:
Tahta Media

Ukuran:
xxiii,227, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-147-474-2

Cetakan Pertama:
Juli 2024

Hak Cipta 2024, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2024 by Tahta Media Group
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP
(Grup Penerbitan CV TAHTA MEDIA GROUP)
Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

BENANG MERAH

Energi Ramah Lingkungan PLTS Atap (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Buku Energi Ramah Lingkungan PLTS Atap (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) ini adalah bagian dari ilmu bermanfaat yang memberikan motivasi bagi multistakeholder untuk bersinergi mewujudkan lingkungan berkelanjutan melalui energi surya, energi yang terus terpancar dan menghidupkan sistem dan sub sistem dalam trofik energi, rantai kehidupan, habitat, ecologi dan ekosistem kehidupan. Asas lingkungan hidup yang pertama energi tidak dapat diciptakan energi berpindah dan berubah dari bentuk satu ke bentuk lainnya, dalam buku ini konversi energi itu nyata terjadi tidak hanya pada biotik namun juga pada abiotik panel surya, panel surya mengubah dari sinar, cahaya atau radiasi matahari melalui sistem dan berubah menjadi energi listrik.

Pemakaian energi listrik ramah lingkungan bersumber dari matahari ini akan bermanfaat bagi lingkungan karena dapat menggantikan energi listrik dari energi Fosil (Minyak Bumi & Batu Bara) yang terus menipis dan tidak terbarukan, hal ini berarti bahwa PLTS dan EBT dapat berperan serta dalam penurunan emisi karbon CO₂, sehingga membantu dalam upaya menghambat laju pemanasan global (*global warming*) dan Perubahan Iklim (*Climate Change*). Ini juga sejalan dengan komitmen global dan ratifikasi nasional melalui peraturan pemerintah dalam RUEN 2017 dan sesuai dengan amanah UUD 1945.

Indonesia Emas tahun 2045 sebagai bonus demografi pada 100 tahun kemerdekaan Republik Indonesia semoga melalui ilmu bermanfaat buku ini semoga dapat menjadi salah satu media dalam menyiapkan SDM generasi muda bangsa yang berkesadaran tinggi *green energy*, sebagai pelaksana, sebagai inventor, memproduksi sendiri panel surya dan pengembang energi ramah lingkungan, energi baru terbarukan menuju persaingan global dalam Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0. Aamiin.

Buku ini diharapkan memiliki nilai manfaat dalam upaya Bersama menyiapkan SDM Indonesia Emas pada tahun 2045, bonus demografi pada 100 tahun kemerdekaan Indonesia dengan generasi muda produktif

penyambung tongkat estafet bangsa yang hebat. Kehadiran buku ini semoga dapat memberikan bermanfaat bagi siswa atau pelajar, mahasiswa, kalangan akademisi, praktisi, masyarakat atau komunitas. Aamiin.

Buku ini terdiri dari 10 Bab meskipun belum sangat mendalam tentang ilmu PLTS Atap dan namun cukup lumayan untuk pengetahuan dasar dan pemula, pelajar dan mahasiswa dalam dunia PLTS Atap. Berikut adalah Bab dalam buku ini : Bab 1. Mengapa Harus Energi Ramah Lingkungan terdiri dari sub bab manusia dan lingkungan, manusia dan pemanasan global - *global warming*, pencemaran udara di dunia dan di indonesia, dampak perubahan iklim - *climate change*, upaya mengantisipasi perubahan iklim, *sustainable development goals* - SDG's. Bab 2. Energi Baru Terbarukan terdiri dari sub bab (energi, energi baru dan energi terbarukan; jenis energi baru terbarukan; sistem energi baru terbarukan; kebijakan energi nasional). Bab 3. Konversi Energi Matahari Ke Listrik terdiri dari sub bab (radiasi matahari di indonesia, konversi energi matahari menjadi listrik, radiasi, luas atap da potensi daya PLTS). Bab 4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berisikan sub bab (regulasi PLTS, sumber potensi dan peluang, sistem PLTS, prinsip kerja PLTS, komponen PLTS, perkembangan inovasi panel surya - PV). Bab 5. PLTS Atap berisikan sub bab (definisi PLTS atap, sistem PLTS atap, pemasangan PLTS atap pada rumah tinggal, pemasangan PLTS atap pada industri). Bab 6. Kebutuhan Daya Listrik terdiri dari sub bab (pendataan kebutuhan daya listrik skala rumahan, menentukan kebutuhan panel surya - PLTS atap *on grid*, menentukan kebutuhan batrei, menentukan SCC - *sollar charge controller*). Bab 7. Tahapan Pemasangan PLTS Atap terdiri dari sub bab atau 9 tahapan dalam pemasangan PLTS Atap (Tahapan 1 Identifikasi Potensi Rencana Pemasangan PLTS Atap, Survei lokasi dan koordinat, Survei luas atap potensi, Survei beban dan rencana pemasangan panel. Tahap 2 Analisis, Analisis Luas Atap *Google Earth*, *Terra Incognita*, UAV dan GIS. Tahap 3 Perijinan, Surat Pemberi Kuasa, Surat Permohonan dan Pemasangan Sistem PLTS Atap. Tahap 4 *Mounting* berdasarkan jenis atap, Desain rencana rangka dudukan pada atap Plat dak beton. Tahap 5 Persiapan Peralatan dan Perlengkapan, Persiapan Peralatan, Persiapan Panel PV, Inverter, MCB. Tahap 6.a. Pemasangan PLTS Atap, Pemasangan Dudukan panel untuk Atap genteng, Bagian bagian *support* modul, Pengukuran, Marking dan Pembukaan genteng, Pemasangan *Mounting* (Profil 1 dan 2), Pemasangan *Rell*,

Pemasangan *Solar Panel Cell*, Tahap 6.b. adalah Pemasangan PLTS Atap Plat Dak, Persiapan Perlengkapan K3, Pengukuran dan Plot presisi, Peralatan Pelengkap, Pemasangan *Mounting* (Profil 1 dan 2) Dudukan Rangka, Pemasangan Rangka, Pemasangan *Rell*, Pengangkatan, Pemasangan dan Penguncian Panel, Penyolderan Socket dan Penyambungan, Pengecekan Daya Panel sebelum penyambungan seri, Pengecekan Daya sebelum penyambungan ke Inverter, Penyambungan Inverter. Tahap 7 adalah Pemasangan Inverter dan MCB *Box*, bagian bagian pada Inverter, Bagian bagian pada MCB *Box*, Pemasangan Inverter dan MCB *Box*. Tahap 8 terdiri dari Penyambungan dan Pemasangan Jaringan kabel, Blok Diagram Sistem, Membuat Kabel *Jumper* dari Panel ke Inverter, Pengkabelan dari Inverter ke MCB *Box* dan ke MCB Rumah Terpasang, *Grounding*). Tahap 9 berisi tentang Penyambungan kWh *Exim*, Menghidupkan dan Pengoperasian Sistem. Bab 8. *Monitoring Sistem Online* terdiri dari sub bab *Monitoring, Monitoring Produksi secara online, Monitoring Online di Masjid, Monitoring Online di Rumah Sakit, Monitoring Online di Rumah Tinggal*. Bab 9. Emisi Karbon Rumah Tangga Dan Solusinya, membahas tentang 9.1. Emisi Karbon Skala Rumah Tangga, Solusi, Manajemen Energi, PLTS Atap (Energi Ramah Lingkungan), Konversi dari Tabung Gas ke Energi Listrik, Insentif dan Potensi Perdagangan Karbon. Bab 10. Jasa Lingkungan Melalui PLTS Atap, pada Bab 10 juga membahas peran penting komunitas dalam mengembangkan energi ramah lingkungan PLTS di Indonesia.

Buku ini memberikan nilai ilmu dasar dan praktis bahkan *best practice* yang didapatkan penulis dalam kegiatan dilapangan dan referensi pelatihan, serta dilengkapi dengan latihan soal. Semoga buku ini dapat menjawab pertanyaan dalam pemikiran pembaca dan menjadi buku referensi dalam kegiatan akademis dan pelaksanaan dilapangan. Terimakasih yag sebesar besarnya kepada seluruh pembaca, salam sehat, bahagia bersama keluarga. Aamiin.

Saran dan kritik membangun dari para pembaca yang budiman sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan buku ini, sehingga pada edisi berikutnya akan menjadi lebih baik lagi. Terimakasih.

Penulis

KATA PENGANTAR

Tahun 2045 adalah tahun emas bangsa Indonesia, 100 tahun kemerdekaan Republik Indonesia. Tahun 2045 adalah Generasi Emas, skenario positif Indonesia akan dihadirkan sebagai negara maju dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan kesejahteraan masyarakat yang merata sebagaimana diamanatkan dalam Konstitusi Negara Indonesia UUD 1945. Pada Tahun 2045 seiring dengan perkembangan geopolitik dan geostrategis di lingkungan regional dan internasional, dengan Perkembangan dan dinamika pasca - Revolusi Industri 4.0 dan *Society* 5.0, dengan tantangan dan peluang dalam isu - isu seperti bonus demografi, ketahanan pangan, perubahan ekonomi regional dan internasional, kondisi geografis, keamanan energi, perkembangan teknologi dan inovasi, serta dinamika sosial, politik, dan budaya. Isu - isu lainnya yang akan terus berkembang seiring dengan kompetisi antarbangsa yang semakin ketat.

Persiapan Sumber Daya Manusia (SDM) menjadi tugas dan tanggungjawab bersama (Multistakeholder) untuk menyiapkan dan mencetak Generasi Emas Indonesia. SDM Generasi Emas yang memajukan sumber daya alam yang melimpah dan terbaharukan seperti sumber daya energi besar dari Tuhan YME diantaranya energi matahari, energi angin, energi air, energi gelombang laut, energi panas bumi dan bioenergi. Energi energi tersebut masuk dalam kategori energi ramah lingkungan atau energi baru terbarukan (EBT).

Pada Tahun 2045, SDM Indonesia sudah memiliki tingkat kesadaran yang tinggi, kemauan yang tinggi, pelaku dan pelaksana serta pengembang dibidang Energi Baru Terbarukan. Sejalan dengan Rencana Umum Energi nasional bahwa pada tahun 2050 Energi Nasional di Indonesia 31% dari EBT. EBT Pembangkit Listrik Tenaga Surya menjadi salah satu peluang besar bangsa Indoensia dari potensi 207.898 MW (4,8 kWh/m²/day), pada tahun 2017 baru dimanfaatkan 78,5 MW atau 0,04% (RUEN,2017).

Pemerintah mendukung melalui Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2021 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum telah mengatur terkait dengan pemasangan PLTS Atap. Siaran Pers

Jakarta, 10 Februari 2022 Luncurkan Hibah SEF, Kementerian ESDM Harap PLTS Atap makin terjangkau dan diminati masyarakat. Guna menarik minat masyarakat terhadap PLTS Atap, pemerintah melakukan perubahan regulasi ketentuan ekspor KWh listrik ditingkatkan dari 65% menjadi 100%, jangka waktu permohonan PLTS Atap menjadi lebih 1 singkat, menyediakan pusat pengaduan PLTS Atap, serta dibukanya peluang perdagangan karbon dari PLTS Atap.

Potensi PLTS Atap pada lokasi strategis, perkantoran, kawasan pariwisata, kawasan industri, dan bisnis lainnya. Potensi PLTS Atap meliputi atap gedung kantor pemerintahan, atap hotel, atap kampus dan sekolah, atap daerah bisnis, atap UMKM dan industri, atap tempat ibadah, atap rumah, atap pom bensin, atap pertokoan, atap pasar, atap stasiun, atap terminal dan atap infrastruktur pada fasilitas umum lainnya. Identifikasi ini sebagai salah satu strategi dan upaya dalam pengembangan PLTS Atap dengan kerjasama antara investor atau swasta, BUMN, pemerintah, ESDM, akademisi, praktisi dan masyarakat atau komunitas energi baru terbarukan.

Kita membutuhkan Harmoni dan sinergi multistakeholder dan multi *governance* dalam menyiapkan SDM untuk menjadi harapan pengembangan Energi Baru Terbarukan di negeri Maju Indonesia tercinta tahun generasi emas 2045.

Semoga buku sederhana dan kecil ini dapat menjadi bahan bakar motivasi dalam upaya kita menyiapkan generasi muda bangsa untuk memahami, menyadari, memperjaungkan, pelaku, inventor, dan pengembang inovasi teknologi dibidang energi baru terbarukan.

Penulis menyucap Syukur kepada Allah SWT atas Rahmat dan Ridhonya sehingga buku ini dapat kami selesaikan. Terimakasih kepada guru - guru kami, terimakasih kepada pembibing atas bimbingan, saran dan arahnya. Ucapan terimakasih kepada asisten saya saudara Fahrur Rozaq dan Nurul Fariyah, S.T., yang telah membantu dalam penyusunan buku ini.

Terimakasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah mendukung. Terimakasih kepada Istri tercinta Bdn. Chentia Misse Issabella, S.ST., M.Tr.Keb yang telah mendukung dan memberikan semangat, anak anak kami Nafisa Sheza Hafizah, Muhammad Sakha Dzikrullah, Muhammad Arsyah Habibullah, Nasya Aisyah Mahabbah yang memberikan motivasi dan semangat kami dalam belajar dan transferknowledge ilmu bermanfaat.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Kritik dan saran membangun sangat kami harapkan dari para pembaca untuk menyempurnakan buku ini pada edisi revisi penerbitan selanjutnya.

Yogyakarta, 30 Juli 2024

DAFTAR ISI

BENANG MERAH.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
BAB 1 MENGAPA HARUS ENERGI RAMAH LINGKUNGAN	1
1.1 Manusia, Energi dan Lingkungan	1
1.2 Manusia dan Pemanasan Global (<i>Global Warming</i>).....	2
1.3 Pencemaran Udara Di Dunia dan Di Indonesia	3
1.4 Dampak Perubahan Iklim (<i>Climate Change</i>).....	5
1.5 Upaya mengantisipasi Perubahan Iklim (Mitigasi).....	6
BAB 2 ENERGI BARU TERBARUKAN.....	8
2.1 Energi, Energi Baru dan Energi Terbarukan.....	8
2.2 Jenis Energi Baru Terbarukan	13
2.3 Kebijakan Energi Nasional	14
BAB 3 KONVERSI ENERGI MATAHARI KE LISTRIK.....	23
3.1 Radiasi Matahari di Indonesia.....	23
3.2 Konversi Energi Matahari Menjadi Listrik	26
3.3 Radiasi, Luas Atap, Potensi Daya PLTS.....	28
BAB 4 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS).....	30
4.1. Regulasi PLTS.....	30
4.2. Sumber, Potensi dan Peluang	33
4.3. Sistem PLTS.....	36
4.4. Prinsip Kerja PLTS	39
4.5. Komponen PLTS.....	41
4.6. Perkembangan Inovasi Panel Surya PV	49
BAB 5 PLTS ATAP (<i>ROOF TOP</i>)	66
5.1. Definisi PLTS Atap	66
5.2. Sistem PLTS Atap	67
5.3. Pemasangan PLTS Atap pada Rumah Tinggal	73
5.4. Pemasangan PLTS Atap pada Industri	73
BAB 6 KEBUTUHAN DAYA LISTRIK	77

6.1	Pendataan Kebutuhan Daya Listrik Skala Rumah.....	77
6.2	Kecocokan Daya Listrik terpasang (VA).....	78
6.3	Menentukan Kebutuhan Panel Surya (PLTS Atap On Grid)	79
6.4	Menentukan Kebutuhan Baterai.....	81
6.5	Menentukan SCC (Solar Charge Controller)	82
BAB 7 TAHAPAN PEMASANGAN PLTS ATAP		85
7.1	Tahap 1 Identifikasi Potensi Rencana Pemasangan PLTS Atap ...	85
7.2	Tahap 2 Analisis Potensi Atap	91
7.3	Tahap 3 Perijinan	106
7.4	Tahap 4 Mounting berdasarkan jenis atap	111
7.5	Tahap 5 Persiapan Peralatan dan Perlengkapan.....	113
7.6	Tahap Pemasangan PLTS Atap.....	117
7.7	Tahap Pemasangan PLTS Atap Plat Dak.....	126
7.8	Tahap 7 Pemasangan Inverter dan MCB Box.....	153
7.9	Tahap 8 Penyambungan dan Pemasangan Jaringan kabel	157
7.10	Tahap Pemasangan Panel kWh	165
7.11	Tahap 9 Penyambungan kWh <i>Exim</i>	168
7.12	Tahap 10 Menghidupkan dan Pengoperasian Sistem.....	172
BAB 8 MONITORING SISTEM ONLINE		173
8.1	Monitoring	173
8.2	Monitoring produksi secara online.....	175
BAB 9 EMISI KARBON RUMAH TANGGA DAN SOLUSI.....		183
9.1	Emisi Karbon Skala Rumah Tangga.....	183
9.2	Solusi.....	184
9.3	Insentif dan Potensi Perdagangan Karbon	186
BAB 10 JASA LINGKUGAN MELALUI PLTS ATAP.....		193
DAFTAR PUSTAKA.....		198
LAMPIRAN - LAMPIRAN		202
INDEXS		221

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Target energi dalam RUEN	16
Gambar 2. Target Energi Baru dan Terbarukan	17
Gambar 3. <i>Solar Panel Off Grid System</i>	18
Gambar 4. <i>Solar Panel On- Grid System</i>	18
Gambar 5. <i>Solar Panel Hybrid System</i>	19
Gambar 6. Prinsip kerja PLTS (Skema)	21
Gambar 7. Prinsip kerja PLTS dan bagian bagiannya	22
Gambar 8. Contoh panel dengan spesifikasinya	27
Gambar 9. a). Pemasangan 1 kW luas 6 m ² pada KSPPS Madani Jawa Timur, b). Pengembangan 2 kW luas 12 m ² pada KSPPS Madani Jawa Timur	29
Gambar 10. grafik capaian kapasitas dari PLTS	33
Gambar 11. Potensi Energi Baru Terbarukan di Indonesia	33
Gambar 12. Potensi EBT dan Tepasang Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2016	34
Gambar 13. Potensi EBT DIY dan Pencapaian hingga tahun 2014	34
Gambar 14. <i>Solar Panel Off Grid System</i>	36
Gambar 15. <i>Solar Panel On Grid System</i>	37
Gambar 16. <i>Solar Panel Hybrid System</i>	38
Gambar 17. Cara kerja PLTS	40
Gambar 18. Prinsip kerja <i>Photovoltaic</i> (PLTS)	42
Gambar 19. Solar Charger Controller	43
Gambar 20. (a) Jenis sel surya Monocrystallin, (b) Jenis sel surya <i>Polycrystalline</i>	43
Gambar 21. Inverter	45
Gambar 22. <i>Changer Cotroller</i>	45
Gambar 23. <i>Battery</i>	48
Gambar 24. PLTS Apung di Danau UI	49
Gambar 25. Potensi PLTS Apung di Jawa Tengah	49
Gambar 26. Genteng Surya	51
Gambar 27. Aplikasi Pemasangan Genteng Surya	52
Gambar 28. Tas Tenaga Surya	52

Gambar 29. Lampu Jalan	53
Gambar 30. Fleksibel Surya	53
Gambar 31. Payung Surya	54
Gambar 32. Pompa Air Surya	54
Gambar 33. Perahu Surya	55
Gambar 34. PLTS pada perahu nelayan di desa dukuhseti, Pati, Jawa Tengah	56
Gambar 35. Perahu Patroli berbasis PLTS	56
Gambar 36. Kapal Tenaga Surya ITS Juara 3 <i>Solar Sport One</i> di Belanda menyusuri sungai di Groningen, Belanda	58
Gambar 37. Aplikasi PLTS pada Perahu	61
Gambar 38. Kapal matahari turator bertenaga surya	61
Gambar 39. Aplikasi PLTS pada Infrastruktur Jalan	62
Gambar 40. SR1 <i>prototype</i> : (a) <i>schematic drawing</i> ; (b) <i>actual panel</i>	63
Gambar 41. SR2 <i>prototype</i> : (a) <i>schematic drawing</i> ; (b) <i>actual panel</i>	63
Gambar 42. <i>Light emitting diode status</i> (a) <i>on July 2018 (Serial number 015A</i> <i>- 015SF depicted from front to back)</i> , (b) <i>on 18 September 2018</i> <i>(S/N's 015A - 015F depicted from left to right)</i>	64
Gambar 43. Pemasangan PLTS Fleksible	65
Gambar 44. PLTS Atap (atap genteng)	67
Gambar 45. Sistem PLTS <i>On Grid Roof Top</i>	68
Gambar 46. Sistem PLTS On Grid Hybrid	69
Gambar 47. <i>System</i> PLTS <i>Hybrid</i> pada pagi dan siang hari	70
Gambar 48. <i>System</i> PLTS <i>Hybrid</i> pada sore hari	71
Gambar 49. <i>System</i> PLTS <i>Hybrid</i> pada malam hari	72
Gambar 50. Pemasangan PLTS Atap <i>On-Grid</i> pada skala rumah tinggal...73	
Gambar 51. Pemasangan PLTS Atap <i>On-Grid</i> pada bangunan komersial atau industri (atap plat dak)	74
Gambar 52. Pemasangan PLTS Atap <i>On-Grid</i> pada bangunan komersial atau industry skala besar (atap plat dak)	75
Gambar 53. <i>Spesifikasi</i> Panel Surya	81
Gambar 54. Identifikasi lokasi potensi dengan <i>google earth</i>	85
Gambar 55. (a) Potensi PLTS diatap ruang ATM; (b) pengukuran luas atap	87
Gambar 56. Potensi PLTS di atap Mushola	88

Gambar 57. Potensi PLTS di atap Gedung perkantoran	88
Gambar 58. Identifikasi luas atap ATM dengan <i>google earth</i>	91
Gambar 59. Tampilan awal aplikasi <i>Terra Incognita</i>	92
Gambar 60. Pengaturan koordinat (<i>spatial reference</i>) pada " <i>Menu File - Setting</i> "	92
Gambar 61. Menentukan areal yang akan di download (dalam contoh ini Gedung Rektorat UGM dan pilih <i>rectangle selection</i>)	93
Gambar 62. <i>Plot areal</i> yang akan di <i>download</i> , <i>zoom level</i> 5m	93
Gambar 63. <i>Download area</i> yang akan kita hitung luas atapnya, <i>file > Save map > ArcView map</i> (digitasi melalui ArcGIS)	94
Gambar 64. Buka ArcGIS, buka <i>file download</i>	94
Gambar 65. Membuat SHP baru dengan nama "Luas_atap" (Sebagai dasar <i>shapefile</i> untuk digitasi)	95
Gambar 66. Digitasi <i>Editor > Start Edit SHP > Luas_atap > polygon</i> 95	
Gambar 67. Atribut tabel dan <i>calculate geometry</i> luas atap (m ²).....	96
Gambar 68. <i>calculate geometry</i> dari sumber Citra <i>Google Satelit</i>	96
Gambar 69. Luas atap Gedung Rektorat berdasarkan <i>calculate geometry</i> dari sumber Citra <i>Google Satelit</i>	97
Gambar 70. Perencanaan jalur terbang <i>drone</i>	98
Gambar 71. Proses terbang dan pemotretan <i>drone</i> sesuai jalur	98
Gambar 72. Kumpulan foto hasil pemotretan	99
Gambar 73. Proses pertama pengolahan perangkat lunak <i>Agisoft Photoscan</i>	99
Gambar 74. Proses pembuatan <i>point cloud</i> lebih detail - pembangunan awan padat (<i>Build Dense Cloud</i>).	99
Gambar 75. Proses pembuatan mesh - pembuatan model dari permukaan	100
Gambar 76. <i>Orthomosaic</i> di export dengan <i>format (.TIF)</i> di <i>input</i> ke perangkat lunak pemetaan (ArcGis)	100
Gambar 77. Analisa <i>PVSyst</i> Bangunan PT Hari Mukti Teknik	105
Gambar 78. Surat kuasa permohonan pembangunan dan pemasangan PLTS Atap ke PT. PLN	106
Gambar 79. Surat permohonan pembangunan dan pemasnagan Sistem PLTS Atap ke PT. PLN	109
Gambar 80. Sertifikat Laik Operasi (SLO)	110
Gambar 81. <i>Mounting panel</i> surya atap rumah plat dak beton	111

Gambar 82. a) Sistem <i>racking</i> PLTS atap datar, b) Kurung atap, c) Sistem pemasangan dan rak atap	111
Gambar 83. Rangka ekonomis dengan baja ringan	112
Gambar 84. Rangka ekonomis dengan baja ringan Canal C	112
Gambar 85. Perkakas yang digunakan	113
Gambar 86. Alat ukur	114
Gambar 87. Peralatan dasar	114
Gambar 88. Persiapan Panel dan pelengkapanya	116
Gambar 89. <i>Spesifikasi</i> panel	116
Gambar 90. Bagian - bagian <i>support Modul</i> (atap genteng)	117
Gambar 91. Tampak samping PLTS Atap pada atap genteng	118
Gambar 92. Pengukuran, <i>Marking</i> dan Pembukaan Genteng	119
Gambar 93. Pemasangan <i>Mounting (Profile 1 dan Profile 2)</i>	120
Gambar 94. <i>Profile 1 dan Profile 2</i>	120
Gambar 95. Tampak <i>profile 1 dan profile 2</i> telah terpasang dengan baik..	121
Gambar 96. <i>Profile 1 dan Profile 2</i> untuk Mur Baut M8 di Rell sisi samping	122
Gambar 97. <i>Profile 1 dan Profile 2</i> untuk Mur Baut M8 di Rell sisi bawah	123
Gambar 98. Detail pemasangan <i>solar panel cell</i> diatas <i>Rell</i> - Tampak Samping	124
Gambar 99. Detail pemasangan penjepit (<i>Clamp</i> samping dan <i>Clamp</i> tengah) <i>solar panel cell</i> diatas <i>Rell</i> - Tampak depan	125
Gambar 100. <i>Detail</i> pemasangan penjepit (<i>Clamp</i> samping dan <i>Clamp</i> tengah) <i>solar panel cell</i> diatas <i>Rell</i> - Tampak samping	125
Gambar 101. Tampilan setelah solar panel modul terpasang pada atap genteng	125
Gambar 102. Tampilan PLTS di atap genteng	126
Gambar 103. Perlengkapan K3 <i>standar</i> (Helm, Sarung Tangan, Rompi)..	126
Gambar 104. Perlengkapan <i>Standar (Tool Kit)</i>	129
Gambar 105. Pemasangan angkur dan dudukan rangka (Atap Plat Dak)	132
Gambar 106. Pemasangan rangka	133
Gambar 107. Pemasangan penguat	134
Gambar 108. Persiapan pemasangan rell	135

Gambar 109. Mur Baut M8 penghubung antara baja ringan <i>profil C</i> dengan <i>Rell</i>	135
Gambar 110. Pemasangan <i>Rell</i>	138
Gambar 111. Dimensi dan jarak lubang untuk dudukan pada <i>Rell</i>	139
Gambar 112. Pengangkatan Panel	140
Gambar 113. Penguncian Panel (Penguncian samping dan tengah)	142
Gambar 114. Penyolderan Socket	145
Gambar 115. Penyambungan Socket	147
Gambar 116. Pengecekan Daya Panel sebelum penyambungan seri	148
Gambar 117. Pengecekan Daya Panel sebelum penyambungan ke Inverter	149
Gambar 118. Penyambungan Socket Kabel Inverter	150
Gambar 119. Penyambungan Inverter	152
Gambar 120. PV telah terpasang	152
Gambar 121. Bagian Inverter	153
Gambar 122. Inverter terpasang	154
Gambar 123. Aksesoris Inverter	155
Gambar 124. Pemasangan Braket dan Inverter	155
Gambar 125. Pengenalan bagian bagian MCB <i>Box</i>	156
Gambar 126. Penempatan posisi Inverter dan MCB <i>Box</i>	156
Gambar 127. <i>Block Diagram</i> Sistem	157
Gambar 128. Rangkaian Seri Panel Surya Modul	158
Gambar 129. Kabel <i>Jumper</i> dari <i>output solar</i> panel modul ke <i>input</i> DC Inverter	158
Gambar 130. Komponen MCB <i>Box</i> (1 Fasa)	159
Gambar 131. Pengkabelan MCB <i>Box</i> (1 Fasa)	159
Gambar 132. Komponen MCB <i>Box</i> (3 Fasa)	160
Gambar 133. Pengkabelan MCB <i>Box</i> (3 Fasa)	161
Gambar 134. Pemasangan Soket AC Inverter (3 phasa)	162
Gambar 135. Titik koneksi pada MBC pembagi Rumah	163
Gambar 136. Pengkabelan Grounding (Grounding Rod - Support module – Bodi Inverter)	164
Gambar 137. Persiapan pemasangan Panel kontrol	165
Gambar 138. Pemasangat KWH <i>Exim</i> pada Kontrol Panel	166

Gambar 139. Uji coba penyambungan dengan Inverter, sudah terhubung dan sudah menyala	167
Gambar 140. KWH <i>EXIM</i>	168
Gambar 141. Skema sistem kerja KWH <i>EXIM</i>	170
Gambar 142. Cara mengoperasikan sistem	172
Gambar 143. PLTS Atap pada RS. Panti Nugroho Kabupaten Sleman, Yogyakarta (Sumber : PT. KAS)	173
Gambar 144. PLTS Atap pada Masjid Jogo Kariyan, Yogyakarta	174
Gambar 145. <i>Website</i> dan akses <i>login</i>	175
Gambar 146. PV System list	175
Gambar 147. PV <i>System Overview</i> untuk Masjid Jogokariyan Yogyakarta	176
Gambar 148. Masjid Jogokariyan (Kwh)	177
Gambar 149. Produksi tanggal 22 Februari 2022	177
Gambar 150. Produksi bulan Januari 2022 (tanggal 1 – 30 Januari 2022).	178
Gambar 151. PV <i>System Overview</i> untuk RS Panti Nugroho Yogyakarta.	179
Gambar 152. RS Panti Nugroho (Kwh)	179
Gambar 153. Produksi tanggal 22 Februari 2022	180
Gambar 154. Produksi bulan Januari 2022 (tanggal 1 – 30 Januari 2022).	180
Gambar 155. Produksi tanggal 01 November 2021	182
Gambar 156. Emisi karbon skala rumah tangga	183
Gambar 157. Emisi rumah tangga pemakaian LPG	183
Gambar 158. Total emisi Rumah Tangga dari pemakaian Listrik dan LPG	184
Gambar 159. Konversi LPG menjadi listrik	185
Gambar 160. Penurunan emisi karbon menggunakan kompos listrik	186
Gambar 161. Produksi tanggal 01 November 2021	190
Gambar 162. Login Intensif Surya Atap	190
Gambar 163. Register	191
Gambar 164. Login dengan email	191
Gambar 165. Input data	192
Gambar 166. 8 <i>green</i> program PLTS atap	194
Gambar 167. Konsep KaPAsia Tingkat Kabupaten	197

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis Energi Baru Terbarukan	13
Tabel 2. Potensi Energi Fosil Indonesia dan umur energi fosil.....	15
Tabel 3. Target EBT tahun 2025 dan 2050	16
Tabel 4. Intensitas Matahari di Indonesia	23
Tabel 5. Intensitas matahari bulanan di Indonesia	24
Tabel 6. Radiasi matahari di Yogyakarta	28
Tabel 7. Perbedaan sistem <i>Off Grid</i> , <i>On - Grid</i> dan <i>Hybrid</i>	69
Tabel 8. Kebutuhan Daya Listrik Skala Rumahan	77
Tabel 9. Produk berdasarkan daya listrik terpasang.....	78
Tabel 10. Kebutuhan Daya Listrik Skala Rumahan	79
Tabel 11. kesesuaian kebutuhan dan produksi skala rumah tangga	79
Tabel 12. Data spesifikasi modul surya PLTS	83
Tabel 13. Data hasil pengisian baterai dengan berdasarkan waktu	83
Tabel 14. Kebutuhan listrik berdasarkan beban	89
Tabel 15. Pemasangan PLTS atap berdasarkan kebutuhan beban 7kWh	89
Tabel 16. Pemasangan PLTS atap berdasarkan kebutuhan beban 4kWh	90

DAFTAR SINGKATAN

EBT	: Energi Baru Terbarukan
ISBN	: <i>International Standard Book Number</i>
CO ₂	: Karbon Dioksida
UUD RI 1945	: Undang - Undang Dasar Republik Indonesia Tahun 1945
SDM	: Sumber Daya Manusia
SDG's	: <i>Sustainable Development Goal's</i>
SSC	: <i>Solar Charge Controller</i>
UAV	: <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
MCB	: Alat untuk pengaman listrik dari arus singkat (<i>short circuit</i>) dan beban lebih
BTU	: <i>British Thermal Unit</i>
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt Hour
kWh Meter	: Alat ukur yang digunakan untuk menghitung banyaknya jumlah energi listrik yang terpakai pada penggunaan sistem tenaga listrik.
KWH EXIM	: Meteran khusus yang dipasang oleh PLN kepada pelanggan PLN yang menggunakan PLTS dengan sistem On Grid atau tersambung dengan jaringan PLN.
GW	: Giga Watt
MW	: Mega Watt
WP	: Watt Peak
RUEN	: Rencana Umum Energi Nasional
RUED	: Rencana Umum Energi Daerah
SEF	: <i>Sustainable Energy Fund</i>
BUMN	: Badan Usaha Milik Negara
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
ITCZ	: <i>Inter – Tropical Convergence Zone</i>
UI	: Universitas Indonesia
ITB	: Institut Teknologi Bandung
UGM	: Universitas Gajah Mada
STT - PLN	: Institut Teknologi PLN

ArcGIS	: Perangkat lunak yang terdiri dari produk perangkat lunak sistem informasi geografis.
SHP	: <i>Shapefile</i>
PT. PLN	: Perusahaan Listrik Negara
RS	: Rumah Sakit
KaPAsia	: Koperasi PLTS Atap Indonesia
DIY	: Daerah Istimewa Yogyakarta
UNFCCC	: <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
KTT	: Konferensi tingkat tinggi
COP	: koefisien kinerja
UU	: Undang Undang
KEN	: Kebijakan Energi Nasional
PP	: Peraturan Pemerintah
PLTA	: Pembangkit Listrik Tenaga Air
PLTN	: Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
PLTM	: Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro
PLTMH	: Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
PLTPH	: Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro
PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLTB	: Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)
PLTGL	: Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut
PLTP	: Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PLTD	: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
PLTSa	: Pembangkit Listrik Tenaga Sampah
PLTS OnGrid	: Sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung langsung ke jaringan listrik utama atau grid.
PLTS OffGrid	: Sistem yang mengandalkan energi matahari sebagai satu – satunya sumber energi.
PLTS Hybrid	: Sumber listrik yang dihasilkan oleh Panel surya dapat digabungkan dengan sumber listrik dari PLN.
PLTS Rooftop	: Sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang di atap atas bangunan.
BBN	: Bahan Bakar Nabati
LPG	: <i>Liquefied Petroleum Gas</i>

PV	: <i>Photovoltaics</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
AC	: <i>Alternating Current</i>
GWEC	: <i>Global Wind Energy Council</i>
Volt	: <i>Unit of Electric</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>
Ah	: <i>Ampere Hour</i>
Watt	: <i>Unit of Power</i>
ATM	: Anjungan Tunai Mandiri
V_{cutoff}	: Parameter pemutusan energi untuk elemen matriks Coulomb kosong dan mengontrol kumpulan basis untuk interaksi Coulomb kosong
V_{cut}	: Pola peledakan yang arah runtuhannya ke depan dan membentuk huruf V
V_{rated}	:
EGS	: <i>Enhanced Geothermal System</i>
BCPP	: <i>Binary Cycle Power Plants</i>
UEA	: Uni Emirat Arab
B3	: Bahan Berbahaya dan Beracun
IUPTLU	: Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Umum
BPP	: Biaya Pokok Penyediaan Pembangkitan
APBD	: Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah
APBN	: Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara
TKDN	: Tingkat Komponen Dalam Negeri
GRK	: Gas rumah kaca
PJBL	: Perjanjian Jual Beli Listrik
DAK	: Dana Alokasi Khusus
Renstra	: Rencana Strategis
DIJ	: Daerah Istimewa Jogjakarta
DPRD	: Dewan Perwakilan Rakyat Daerah
ASEAN	: <i>Association of Southeast Asian Nations</i>
BOS	: <i>Balance of System</i>
USB	: <i>Universal Serial Bus</i>
DPPU	: Depot Pengisian Pesawat Udara
CSR	: <i>Corporate Social Responsibility</i>

UMKM	: Usaha Mikro Kecil dan Menengah
UAV	: <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
NYY	: Kabel dengan inti tembaga tunggal yang memiliki dua lapisan PVC.
GIS	: <i>Geographic Information System</i>
GE	: <i>Google Earth</i>
SEI - Lensolar	: Inovasi pemanfaatan energi terbarukan melalui sistem Rooftop PV (<i>Photovoltaics</i>) yang dibuat oleh PT. Surya Energi Indotama,
BLU	: Badan Layanan Umum
UNDP	: <i>United Nations Development Programme</i>
BPD LH	: Badan Pengelola Dana Lingkungan Hidup
NIK	: Nomor Induk Kependudukan
NIB	: Nomor Induk Berusaha
SLO	: Surat Laik Operasi
YoEBT	: Yogyakarta Energi Baru Terbarukan
ABGCFIT	: Academic (Akademik, Sekolah dan Kampus), Bussiness (Pengusaha, Swasta), Government (Pemerintah, Dinas, Badan, Balai), Community (Komunitas atau Masyarakat), Financial (CSR), Information (Informasi), Technology (Teknologi).
KoEMAS	: Koperasi Energi Masyarakat Sejahtera
KMTI	: Komunitas Mikrohidro Terpadu Indonesia
SK	: Surat Kebijakan/Keputusan

***E*xploration, Elaboration and Confirmation**
***N*ationwide Towards Energy Self-Sufficiency**
***E*nergy Sustainable and Green Technology**
***R*esearch, Publication, Patent and Product**
***G*overnance Multi-Stakeholder Partnership (ABGC-FIT)**
***I*ntermediate Technology for Sustainable Development**

“Seperti matahari, materi terus bergerak, menyerap dan menghasilkan energi, bahkan sekecil atom sampai pada tingkatan trofik energi terus bersiklus dalam sistemnya, energi tidak terbatas siang atau malam, energi selalu terpancar. Kita tinggal memikirkan cara untuk memahami, mengerti, untuk memanen, menyimpan, mengelola dan memanfaatkan sebaik – baiknya untuk lestari lintas generasi”
(Masrur A, 2024).

BAB 1

MENGAPA HARUS ENERGI RAMAH LINGKUNGAN

1.1 MANUSIA, ENERGI DAN LINGKUNGAN

Harmoni kehidupan antara manusia, energi dan lingkungan sangat erat dan bersinergi. Manusia sebagai makhluk ciptaan Tuhan YME yang paling sempurna dengan akal, pikiran dan hati dalam keseimbangannya akan mampu menjaga lingkungan untuk tetap lestari dalam sistemnya. Tanpa Energi manusia dan lingkungan tidak dapat bertahan hidup dan akan mengalami kepunahan. Prabang Setyono, 2008 dalam buku cakrawala memahami lingkungan bahwa energi matahari diubah menjadi energi kimia dalam tumbuhan dan digunakan membentuk jaringan hidup dalam ikatan kimia kompleks dalam protein, lemak, dan karbohidrat. Pada sistem dan tingkatan trofik energi tersebut berpindah dari tumbuhan ke hewan, dari hewan kecil ke hewan besar, dari tumbuhan ke manusia, dari hewan kewanusiaan dan seterusnya. Melalui tingkatan trofik tersebut energi berpindah untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Sejalan dengan Watt 1973 dalam Prabang 2008 tentang 14 asas dasar ilmu lingkungan pada asas pertama hukum termodinamika pertama atau hukum konservasi energi bahwa energi berpindah dari suatu bentuk ke bentuk lain, energi tidak dapat dihancurkan atau diciptakan. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta inovasi saat ini energi matahari dapat diubah bentuk menjadi energi listrik melalui sistem pembangkit listrik tenaga matahari (PLTS). Potensi energi yang melimpah dipanen untuk menghasilkan energi listrik untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (sosial, ekonomi, dan lingkungan). PLTS merupakan energi yang ramah terhadap lingkungan dan masuk dalam Energi Baru Terbarukan (EBT), dan dalam produksi listrik tidak menghasilkan karbondioksida (CO₂)

sehingga merupakan green energi. Menurunkan CO₂ melalui Energi Baru Terbarukan merupakan program dan kesepakatan internasional dan nasional sebagai upaya mengantisipasi pemanasan global (*Global Warming*) dan Perubahan Iklim (*Climate Change*).

1.2 MANUSIA DAN PEMANASAN GLOBAL (*GLOBAL WARMING*)

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia dari tahun 2007 sampai dengan 2017 sebesar 1,24% pertahun, dan peningkatan juga terjadi pada perekonomian dan industri, hal ini menyebabkan kenaikan kebutuhan energi di Indonesia 8,15 % pertahun sampai tahun 2030 (PT Pertamina, 2018), disisi lain pemenuhan energi berbahan fosil seperti minyak bumi dan batu bara tidak bisa diperbaharui dan terbatas, ketersediaan bahan baku energi fosil di Indonesia hanya bertahan beberapa generasi lagi, berdasarkan ESDM apabila tidak ditemukan cadangan baru maka Minyak Bumi di Indonesia hanya bertahan sampai 12 tahun, Gas Bumi akan bertahan 33 tahun, sedangkan Batu Bara akan bertahan sampai 82 tahun saja (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional, 2017).

Energi fosil terbatas dan tidak bisa diperbaharui, juga merupakan salah satu penyebab timbulnya perubahan iklim dan pemanasan global. Hukum internasional terkait dengan upaya mencegah perubahan iklim yaitu *United National Framework Convention On Climate Change* (UNFCCC) pada KTT Bumi di Rio de Janeiro, Brazil tahun 1992, Protokol Kyoto di Jepang tahun 1997, Bali Road Map pada COP ke 13 di Nusa Dua Bali 2007, COP - 17 tahun 2011 di Durban Afrika Selatan, dan Paris Agreement 2015 yang sepakat untuk menurunkan emisi karbon dengan mengurangi pemakaian energi fosil (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional, 2017), telah diratifikasi sebagai komitmen Indonesia dalam upaya mencegah perubahan iklim dan pengelolaan lingkungan dan berdasarkan UU No. 30/2007 Tentang Energi dan Peraturan Pemerintah (PP) No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan secara umum untuk mencapai sasaran dan arah Kebijakan Energi Nasional

guna mewujudkan Kemandirian dan Ketahanan Energi Nasional. Serta Peraturan Presiden No. 22/2017, tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN).

1.3 PENCEMARAN UDARA DI DUNIA DAN DI INDONESIA

Indonesia merupakan negara paling tercemar ke - 17 di dunia. Parameter tertinggi yang dilaporkan adalah PM_{2,5} dengan nilai 34,3 mikrogram per meter kubik. Di sisi lain, Indonesia menduduki peringkat pertama kawasan Asia Tenggara dengan jumlah polusi udara tertinggi.

Berdasarkan pantauan Air Quality Live Index (AQLI), kondisi kualitas udara di Indonesia mengalami penurunan dan terus memburuk. Hingga 91% populasi tinggal di wilayah yang polusi udaranya melebihi standar aman sesuai peraturan WHO. Pemantauan kualitas udara di Indonesia diwakili oleh DKI Jakarta. Kualitas udara yang dipantau dengan parameter PM_{2,5} adalah 8,6 kali lebih tinggi dibandingkan tolok ukur kualitas udara tahunan WHO.

Tingkat keparahan polutan udara dan emisi di lingkungan terutama ditentukan oleh aktivitas industri, lalu lintas jalan raya, pembakaran sampah di luar ruangan, biogenik, debu, dan sumber dalam ruangan. (Sudaryanto, Prasetyawati, Sinaga, & Muslikah, 2022)

Pengertian Pencemaran Lingkungan menurut Keputusan Menteri Kependudukan Lingkungan Hidup Nomor 02/MENKLH/1988 Pencemaran adalah masuk atau terserapnya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam air/udara dan/atau perubahan tatanan (komposisi) air atau udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia atau proses alam yang menyebabkan kualitas air atau udara tersebut menurun atau tidak lagi berfungsi sebagaimana mestinya.

Pencemaran air adalah perubahan kondisi disuatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan, dan air tanah akibat aktivitas manusia. Fenomena alam seperti gunung berapi, badai, dan gempa bumi juga menyebabkan perubahan kualitas air secara signifikan, namun hal ini tidak dianggap sebagai pencemaran. Pencemaran air disebabkan oleh berbagai sumber yang masing - masing mempunyai

karakteristik berbeda antara lain peningkatan kadar nutrisi dapat menyebabkan eutrofikasi. Sampah organik, seperti air limbah, meningkatkan kebutuhan oksigen dalam air yang menyerapnya, sehingga menyebabkan penurunan kadar oksigen, yang dapat berdampak serius pada keseluruhan ekosistem.

Kegiatan industri membuang berbagai polutan ke dalam air, hal tersebut biasa disebut dengan limbah seperti limbah yang mengandung logam berat, racun organik, minyak, nutrisi, dan padatan. Air limbah ini mempunyai efek termal yang dapat menurunkan kadar oksigen di dalam air, khususnya pada pembangkit listrik. (Sompotan & Sinaga, 2022)

Salah satu dampak pencemaran udara adalah hujan asam. Hujan asam merupakan difusi gas berbahaya bagi lingkungan (sulfur dioksida, nitrogen dioksida, hidrogen klorida, dan senyawa jejak lainnya) yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara dan minyak dalam jumlah besar. Gas - gas ini bercampur dengan oksigen dan uap air, yang secara alami terbentuk di atmosfer, menghasilkan larutan asam yang kemudian mengendap menjadi air hujan, salju, atau kabut.

Hujan asam juga menghilangkan endapan kering nitrat dan sulfat segera setelah terbentuk. Hujan asam merusak dan memusnahkan kehidupan hutan dan danau di Skandinavia, Eropa, dan Amerika Utara, serta bangunan dan patung yang berada di sana.

Dampak utama dari hujan asam adalah proses pengasaman danau dan sungai, yang berdampak pada tumbuhan dan hewan serta dapat memusnahkan seluruh kehidupan di danau tersebut. Pengaruh lainnya ada di tanah. Melalui serangkaian reaksi kimia, konsentrasi asam menyebabkan hilangnya nutrisi tanah dan ekosistem lokal berubah.

Satuan pH digunakan untuk mengukur keasaman. Dalam kondisi normal, sejumlah kecil hujan mengandung asam dengan pH 5 sampai 6. Pada tahun 1960, pH air hujan di Eropa Utara mencapai 3. Bahkan kota - kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Bandung, dan Semarang mulai menunjukkan tanda - tanda hujan asam. Menurut hasil penelitian, pH air hujan di beberapa kota tersebut mendekati 5. (Raharjo, 2009)

1.4 DAMPAK PERUBAHAN IKLIM (*CLIMATE CHANGE*)

Perubahan iklim global, yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara, produk minyak bumi, dan gas alam secara berlebihan dalam pembangkit listrik, transportasi, gedung, dan pabrik, telah menjadi masalah dalam beberapa dekade terakhir. Pembakaran bahan bakar fosil melepaskan miliaran ton gas CO₂ ke atmosfer bumi setiap tahunnya. Akibatnya sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi tidak leluasa memancar ke luar angkasa. Panas ini terperangkap di dekat permukaan sehingga menciptakan fenomena mirip rumah kaca. Hal ini disebut juga dengan efek rumah kaca. (Cahyono, 2010)

Pemanasan global pada dasarnya adalah fenomena dimana suhu bumi meningkat dari tahun ke tahun akibat efek rumah kaca akibat peningkatan emisi gas. Gas - gas tersebut menyerap dan memantulkan radiasi gelombang yang dipancarkan bumi, sehingga menyimpan panas di permukaan bumi. Gas - gas ini bertindak seperti kaca di rumah kaca. Ketika konsentrasi gas - gas ini di atmosfer meningkat, semakin banyak panas yang terperangkap di bawahnya. Namun, kelebihan gas - gas ini di atmosfer mengakibatkan pemanasan global. (Sompotan & Sinaga, 2022)

Sejak Revolusi Industri, konsentrasi gas rumah kaca meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas manusia. Selama 50 tahun terakhir, masuknya karbon dioksida, metana, dinitrogen oksida, dan gas rumah kaca lainnya ke atmosfer meningkat pesat. (Cahyono, 2010)

Perubahan iklim berdampak besar terhadap lingkungan, dengan naiknya permukaan air laut akibat mencairnya gletser dan gunung es di kutub, sehingga daratan tidak dapat digunakan lagi. Daerah yang sebelumnya mengalami salju tipis mungkin tidak akan melihat salju lagi. Di daerah pegunungan subtropis, salju lebih sedikit dan lebih cepat mencair. Musim tanam akan lebih panjang di beberapa area. Suhu cenderung meningkat pada musim dingin dan malam hari. Daerah yang lebih hangat menjadi lebih basah karena lebih banyak air yang menguap dari laut.

Namun semakin banyak uap air yang membentuk lebih banyak awan, yang memantulkan sinar matahari kembali ke angkasa dan mengurangi

proses pemanasan. Ketika kelembapan tinggi, curah hujan meningkat rata - rata sekitar 1% untuk setiap kenaikan suhu 1 derajat. Badai semakin sering terjadi. Selain itu, air lebih cepat menguap dari tanah. Topan badai (hurricane) yang memperoleh kekuatannya dari penguapan air, akan menjadi lebih besar.

Berbeda dengan pemanasan, mungkin ada periode cuaca yang sangat dingin. Kondisi cuaca menjadi semakin tidak menentu dan ekstrim. Suhu yang lebih hangat akan mencairkan sebagian besar es di kutub, terutama di sekitar Greenland, dan meningkatkan jumlah air di lautan. Erosi dari tebing, Pantai dan bukit pasir akan terus meningkat. Rawa - rawa baru juga akan muncul, namun tidak di wilayah perkotaan atau yang sudah menjadi wilayah yang sudah dibangun, hewan dan tumbuhan. Namun, pembangunan manusia akan mencegah migrasi ini.

Penyakit yang umum terjadi di daerah tropis, seperti yang disebabkan oleh nyamuk dan hewan pembawa penyakit lainnya, dapat dan akan terus menyebar ke daerah yang sebelumnya bersuhu terlalu dingin. Banjir dan kekeringan meningkatkan kelaparan dan kekurangan gizi di seluruh wilayah. (Sompotan & Sinaga, 2022)

1.5 UPAYA MENGANTISIPASI PERUBAHAN IKLIM (MITIGASI)

Para ilmuwan sedang meneliti cara untuk membatasi pemanasan global. Kunci utamanya adalah: Membatasi Emisi CO₂ Ada dua teknik efektif untuk membatasi emisi CO₂. Salah satunya adalah mengganti energi minyak bumi dengan sumber energi lain yang tidak mengeluarkan/sedikit menghasilkan karbon, dan yang kedua adalah menggunakan energi minyak bumi seekonomis mungkin.

Energi alternatif yang dapat digunakan antara lain energi angin, matahari, nuklir, dan panas bumi. Kincir angin dapat mengubah energi angin menjadi energi listrik. Sinar matahari juga dapat diubah menjadi energi listrik dan sumber panas yang dapat digunakan pada pemanas air dan kompor tenaga surya.

Energi panas bumi dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Jika mobil lebih irit, emisi CO₂ bisa dikurangi. Para ilmuwan dan insinyur telah

berupaya mengembangkan mesin yang lebih hemat bahan bakar. Penemuan telah mengembangkan alat untuk menggantikan mesin pembakaran internal atau menggunakan mesin yang lebih kecil.

Menyembunyikan karbon juga mencegahnya memasuki atmosfer atau menyerap CO₂ yang ada. Penyembunyian karbon terjadi melalui dua cara yaitu menyimpan karbon di bawah tanah atau di air tanah, dan menyimpan karbon di tumbuhan hidup.

Lapisan bumi yang tersedia merupakan reservoir alami minyak dan gas untuk tambang minyak. Memompa CO₂ ke dalam reservoir minyak jauh di dalam bumi memudahkan ekstraksi sisa minyak dan gas. Lapisan garam dan batu bara yang dalam juga dapat menyembunyikan karbon dioksida. Ikatan karbon dan hidrogen dari CO₂ diperlukan untuk membentuk monosakarida yang disimpan dalam jaringan.

Ekosistem yang kaya akan tumbuhan, seperti hutan dan perkebunan, dapat menyimpan lebih banyak karbon, namun generasi mendatang harus menjaga ekosistem tetap utuh atau karbon yang tersimpan dalam tumbuhan akan terlepas ke atmosfer. Karena pengaruh angin dan panas, lebih baik mengeringkan pakaian di luar ruangan daripada di mesin pengering, yang memiliki jejak karbon tinggi. (Sompotan & Sinaga, 2022)

DAFTAR PUSTAKA

- A., R., & Jr, C. (2020). Engineering Tests to Evaluate the Feasibility of an Emerging Solar Pavement Technology for Public Roads and Highways. *Technologies*. doi:10.3390/technologies8010009
- Admin Teknik Sistem Perkapalan ITS. (2018, Juli 10). Retrieved from ITS News: [https://www.its.ac.id/news/2018/07/10/kapal - tenaga - surya - juara - 3 - solar - sport - one - di - belanda/](https://www.its.ac.id/news/2018/07/10/kapal-tenaga-surya-juara-3-solar-sport-one-di-belanda/)
- Alkalis, G. (2021, Agustus 04). *Masuki Tahap Konstruksi, PLTS Terapung Cirata Ditargetkan Beroperasi November 2022*. Retrieved from Ruang Energi: <https://www.ruangenergi.com/masuki-tahap-konstruksi-plts-terapung-cirata-ditargetkan-beroperasi-november-2022/>
- Antonergi, Y. (2021). Retrieved from Antonergi: [https://atonergi.com/apa - itu - solar - charge - controller - memahami - kontroler - surya/](https://atonergi.com/apa-itu-solar-charge-controller-memahami-kontroler-surya/)
- Bluesun BlueSun. (2016). Retrieved from Bluesun Solar: https://id.bluesunpv.com/mounting-structure_c5_2
- Bluesun Solar. (2016). Retrieved from Bluesun Solar: <https://id.bluesunpv.com/>
- Bumi Energi Surya. (2021). *Mounting Panel Surya Atap Rumah Matrix II*. Retrieved from Bumi Energi Surya: <https://bumienergisurya.com/mounting-panel-surya-atap-rumah-matrix-ii/>
- Cahyono, W. E. (2010). PENGARUH PEMANASAN GLOBAL TERHADAP LINGKUNGAN BUMI. 8(2).
- Cakrawala96. (2021, Mei 26). *Cara Menghitung Kebutuhan PLTS Skala Rumahan | Panel Surya*. Retrieved from GESAINSTECH: <https://www.gesainstech.com/2021/05/cara-menghitung-kebutuhan-plts-skala.html>
- Dewi, Y. (2022, Januari 20). *Apa Itu PLTS Atap yang Aturannya Dibekukan Pemerintah?* Retrieved from Tirto: <https://tirto.id/apa-itu-plts-atap-yang-aturannya-dibekukan-pemerintah-gnWB>
- Diantari, R. A., Erlina, & Widyastuti, C. (2017, Juni-Desember). Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts. *Jurnal Energi & Kelistrikan* , 2(9).

- Hardiyanto, S. (2018, Maret 23). *Jogja Godok Raperda Energi Terbarukan*. Retrieved from JawaPos: <https://www.jawapos.com/jpg-today/23/03/2018/jogja-godok-raperda-energi-terbarukan/>
- Humas EBTKE. (2020, januari 23). *PLTS Terapung Terbesar di Asia Tenggara Siap Dikembangkan*. Retrieved from Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE): <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/01/23/2463/plts.terapung.terbesar.di.asia.tenggara.siap.dikembangkan>
- Humas EBTKE. (2022, Januari 21). *Implementasi Peraturan Menteri ESDM tentang PLTS Atap*. Retrieved from Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE): <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/01/21/3058/implementasi.peraturan.menteri.esdm.tentang.plts.atap>
- Humas Pemda DIY. (2020, Juli 09). *Pemda DIY - DPRD DIY Tandatangani 3 Perda Baru*. Retrieved from Pemerintah Daerah DIY: <https://jogjaprovo.go.id/berita/detail/8748-pemda-diy-dprd-diy-tandatangani-3-perda-baru>
- ICAsolar. (2021). Retrieved from ICAsolar: <http://m.icasolar.com/>
- Institut Teknologi Padang. (2024). *Dasar Konversi Energi*. Retrieved from [https://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/index.php?dir=Erhaneli/1.%20Bahan%20Ajar%20Konversi%20%28Seleksi%20-2013%29/Bahan%20Ajar/&file=2.%20Dasar%20konversi%20energi.docx#:~:text=Karena%20belum%20adanya%20metode%20untuk,%200energi%20panas%20\(%20termal%20\).](https://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/index.php?dir=Erhaneli/1.%20Bahan%20Ajar%20Konversi%20%28Seleksi%20-2013%29/Bahan%20Ajar/&file=2.%20Dasar%20konversi%20energi.docx#:~:text=Karena%20belum%20adanya%20metode%20untuk,%200energi%20panas%20(%20termal%20).)
- Kaliappan K, e. a. (2019, December). Analysis of solar energy technology in leading countries. *International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)*, 4(10). doi:10.11591/ijpeds.v10.i4.1995-2004
- KBBI Online. (2012). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Retrieved from KBBI: <https://kbbi.web.id/energi>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). *Buku Rencana Strategis (Renstra) Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Tahun 2020-2024*.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). Retrieved from DIH Kementerian Kelautan dan Perikanan:

- [https://indonesia.go.id/kategori/kuliner/1922/ketika - atap - kapal - jadi - sumber - energi](https://indonesia.go.id/kategori/kuliner/1922/ketika-atap-kapal-jadi-sumber-energi)
- Krisa Energi. (2024). Retrieved from Krisna Energi: <http://www.krisnaenergi.id/>
- Luncurkan Hibah SEF, Kementerian ESDM Harap PLTS Atap Makin Terjangkau dan Diminati Masyarakat. (2022).
- Masrur Alatas (2024). Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, Sejarah Kincir Air dan Turbin Air, Surakarta : Tahta Media Group
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2012). *PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA, NOMOR: 14 TAHUN 2012 TENTANG MANAJEMEN ENERGI*.
- MIT Technology Review. (2024). Retrieved from MIT Technology Review: <https://www.technologyreview.com/>
- Natobisnis. (2011). *Cara menghitung daya tenaga surya*. Retrieved from Blogger: <http://katalognatopringsewu.blogspot.com/2014/04/cara-menghitung-daya-tenaga-surya.html>
- Potensi Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung di Jawa Tengah*. (2024). Retrieved from Institute For Essential Services Reform: <https://iesr.or.id/infografis/potensi-teknis-pembangkit-listrik-tenaga-surya-plts-terapung-di-jawa-tengah>
- Raharjo, M. (2009). *Dampak pencemaran udara pada lingkungan dan kesehatan manusia*. Disertasi, Ilmu Lingkungan.
- Rumbayan, M. (2012). Renewable and Sustainable Energy Reviews 16. 1437 - 1449.
- Safutra, I. (2020, Juni 01). *Melihat Fasilitas PLTS Terapung Bifacial di Danau UI*. Retrieved from JawaPos: <https://www.jawapos.com/features/01/06/2020/melihat-fasilitas-plts-terapung-bifacial-di-danau-ui/>
- SEI – LenSOLAR. (2020). Modul Diklat Pelatihan Panel Surya Rooftop. In *SEI – LenSOLAR*. Jakarta.
- Sistem Off Grid, On Grid PLTS*. (2019, Juli 25). Retrieved from Tecno Smart Energy: <http://solarsuryaindonesia.com/sistem-plts>

- Sompotan, D. D., & Sinaga, J. (2022). PENCEGAHAN PENCEMARAN LINGKUNGAN. *SAINTEKES*, 1(1), 6-16. Retrieved from <https://ejournal.itka.ac.id/index.php/saintekes/article/view/2/9>
- Sourceforge. (2018, Juni 15). Retrieved from <https://sourceforge.net/projects/terraincognita2/>
- SSF Boat. (2024). Retrieved from Shing Sheng Fa Bout Building Co., Ltd: https://www.ssf.com.tw/id/product/patrol_boat - 7gt - green - energy.html
- Sucahyo, N. (2018, Maret 26). *Yogyakarta Susun Perda Energi Terbarukan Pertama di Indonesia*. Retrieved from voaindonesia: <https://www.voaindonesia.com/a/yogyakarta-susun-perdaenergi-terbarukan-pertama-di-indonesia/4316286.html>
- Sudaryanto, S., Prasetyawati, N. D., Sinaga, E., & Muslikah. (2022). SOSIALISASI DAMPAK POLUSI UDARA TERHADAP GANGGUAN KESEHATAN KENYAMANAN DAN LINGKUNGAN. *Midiwifery Science Session*, 1(1), 8-17. Retrieved from <https://prosiding.gunabangsa.ac.id/index.php/mss/article/view/1/2>
- Sunergi. (n.d.). *kwh exim reading*. Retrieved from Sunergi: <https://www.sunergi.co.id/en/on-grid-system/kwh-exim-reading/>
- Wedosolar Indonesia. (2019). *Hybrid Solar Home System*. Retrieved from Wedosolar Indonesia: <https://www.wedosolarindonesia.com/produk/rooftop - solar - system/hybrid - solar - home - system>
- World Bank. (2021). *Concentrating Solar Power: Clean Power on Demand 24/7*. Washington, DC.

LAMPIRAN – LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Istilah

No	Istilah	Uraian Istilah
1	Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang selanjutnya disebut Sistem PLTS Atap	adalah proses pembangkitan tenaga listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik peianggan PLTS atap serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik peianggan PLTS atap.
2	Pelanggan PLTS Atap	adalah setiap orang atau badan yang memasang Sistem PLTS Atap yang terhubung pada sistem tenaga listrik pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum.
3	Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum yang selanjutnya disebut Pemegang IUPTLU	adalah badan yang memiliki izin untuk melakukan usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum yang memiliki wilayah usaha ketenagalistrikan.
4	Meter kWh <i>Ekspor - Impor</i>	Adalah meter statis atau elektronik yang dapat mendeteksi dan mengukur energi dan besaran listrik ekspor, impor, dan netto sesuai prinsip net metering.

No	Istilah	Uraian Istilah
	Kilowatt <i>hour</i> Ekspor yang selanjutnya disebut kWh <i>Ekspor</i>	adalah jumlah energi listrik yang disalurkan dari sistem instalasi Peianggan PLTS Atap ke sistem jaringan Pemegang IUPTLU yang tercatat pada Meter kWh <i>Ekspor Impor</i> .
	Kilowatt <i>hour</i> <i>Impor</i> yang selanjutnya disebut kWh <i>Impor</i>	adalah jumlah energi listrik yang diterima oleh sistem instalasi Pelanggan PLTS Atap dari sistem jaringan Pemegang IUPTLU yang tercatat pada Meter kWh <i>Ekspor Impor</i> .
	Pemegang Perizinan Berusaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik yang selanjutnya disebut Badan Usaha	badan usaha yang memiliki sertifikat badan usaha di bidang ketenagalistrikan dan izin usaha jasa penunjang tenaga listrik sesuai dengan ketentuan peraturan perundang - undangan di bidang ketenagalistrikan.
	Sertifikat Laik Operasi yang selanjutnya disingkat SLO	bukti pengakuan formal suatu instalasi tenaga listrik telah berfungsi sebagaimana kesesuaian persyaratan yang ditentukan dan dinyatakan laik dioperasikan.
	Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik yang selanjutnya disebut dengan PJBL	adalah perjanjian antara Pemegang IUPTLU dengan calon Pelanggan PLTS Atap.
	Menteri	menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang energi dan sumber daya mineral.

No	Istilah	Uraian Istilah
	Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi yang selanjutnya disebut Dirjen EBTKE	direktur jenderal yang mempunyai tugas menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang pembinaan, pengendalian, dan pengawasan kegiatan panas bumi, bioenergi, aneka energi baru dan energi terbarukan, dan konservasi energi.
	Direktur Jenderal Ketenagalistrikan yang selanjutnya disebut Dirjen Ketenagalistrikan	direktur jenderal yang mempunyai tugas menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang pembinaan, pengusahaan, keteknikan, keselamatan kerja, dan lingkungan di bidang ketenagalistrikan.

Lampiran 2. Regulasi EBT

1. Pasal 17 ayat (3) Undang - Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945;
2. Undang - Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 96, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4746);
3. Undang - Undang Nomor 39 Tahun 2008 tentang Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 166, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4916);
4. Undang - Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 133, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5052);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 28, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5281) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan
6. Pemerintah Nomor 23 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 75, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5530);
7. Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2012 tentang Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 141, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5326);
8. Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 15, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6617);
9. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Energi dan Sumber Daya Mineral

- (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 35, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6637);
10. Peraturan Presiden Nomor 68 Tahun 2015 tentang Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 132) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 105 Tahun 2016 tentang Perubahan atas Peraturan Presiden Nomor 68 Tahun 2015 tentang Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 289);
 11. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 15 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 733);
 12. Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2021 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum.

DIREKTORAT JENDERAL ENERGI BARU, TERBARUKAN DAN KONSERVASI ENERGI TAHUN 2018 REGULASI BIDANG ANEKA EBT

- 1) Peraturan Menteri ESDM Nomor 10 Tahun 2017 tentang PokokPokok Dalam Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik
- 2) Peraturan Menteri ESDM Nomor 39 Tahun 2017 Tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Serta Konservasi Energi
- 3) Peraturan Menteri Nomor 48 Tahun 2017 tentang Pengawasan Pengusahaan di Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral
- 4) Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2017 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2017 tentang Pokok - Pokok Dalam Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik
- 5) Peraturan Menteri ESDM Nomor 50 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik
- 6) Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri ESDM Nomor 39 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi baru dan Energi Terbarukan Serta Konservasi Energi
- 7) Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- 8) Keputusan Menteri ESDM Nomor 1953 K/06/MEM/2018 tentang Penggunaan Barang Operasi, Barang Modal, Peralatan, Bahan Baku dan Bahan Pendukung Lainnya Yang Diproduksi di Dalam Negeri Pada Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral

Lampiran 3. Pemeliharaan Panel Surya

Pemeliharaan panel



Pemeliharaan dilakukan dengan pembersihan pada panel dari debu dan kotoran yang menempel pada permukaan kaca panel, ini bertujuan agar fungsi dari panel tetap terjaga.



Pemangkas tenaga panel surya yang terpasang di atas Gedung Sate di Jakarta (Diklat Pemangkas tenaga Pemangkas Energi dan Sumber Daya Manusia) bekerja. Foto: ANTARA/Anisa-Rizki Purnama

Foto: ANTARA/Anisa-Rizki Purnama

Sumber : (<https://www.republika.co.id/berita/r6271b370/dukung-bauran-energi-esdm-terbitkan-regulasi-plts-atap>)



Sesorang pekerja membersihkan panel surya, Agus Nurrahman, saat memelihara panel Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di atap rumahnya di Sragi, Kabupaten Pematangsari, Jawa Tengah, Minggu (1/5/2019). ANTARA FOTO/Hervian Perdana Pratomo.

Sumber : (Dewi, 2022)

Lampiran 4. Pemasangan PLTS Atap Di Dunia

Kaliappan (2019), Energi terbarukan paling banyak dihasilkan melalui surya dan itu yang dominan di antara semuanya. Produksi listrik melalui sumber energi matahari mengurangi emisi karbon dioksida karena teknologinya ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa salah satu negara Korea Selatan terus meningkat.

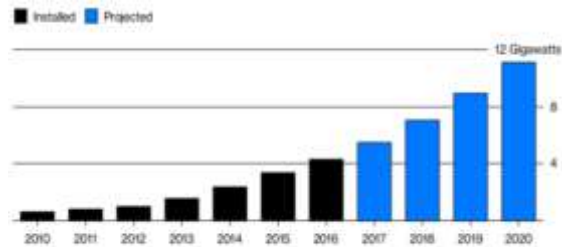
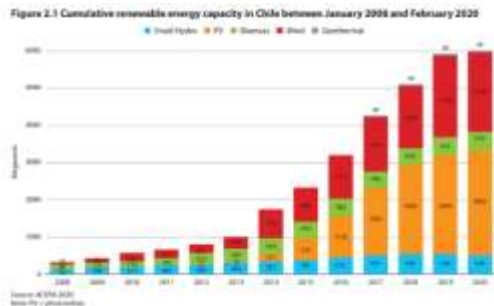


Figure 6. Annual Solar PV capacity Installations in South Korea



Sumber : (World Bank, 2021)

Berikut adalah gambar – gambar pemasangan PLTS Atap di Dunia, sumber dari (Bluesun BlueSun, 2016) :









Lampiran 4. Pemasangan PLTS Atap Di Indonesia

1. PLTS atap di wisata bukit tinatar piyungan



2. PLTS atap di rumah warga yang berlokasi di Depok



3. PLTS atap di rumah warga yang berlokasi di jombang



4. PLTS atap di salah satu toko roti



5. PLTS atap PT CJ Feed&Care



6. PLTS Roof Top GBS Cirebon oleh PT.KAS



7. PLTS Roof Top KSPPS Madani Jawatimur oleh PT.Jasa Tirta Energi (BUMN)



Lampiran 5. Dokumentasi Pelatihan, JTE, LEN

1. Dokumentasi Kegiatan



2. Spesifikasi Inverter



3. PLTS Atap Plat Dak



4. Rencana Pengembangan PLTS Atap dan Charging Spot di Malioboro Yogyakarta PT.JTE



INDEXS

A

Atap	30, 32, 33, 34, 37, 38, 67, 69, 70, 75, 80,, 81, 82, 87, 88, 89, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 99, 100, 103, 109, 112, 113, 119, 120, 123, 128, 129, 170, 171, 172, 173, 175, 187, 188, 189, 190, 191, 195, 196, 197
Ampere	85, 86
AC	22, 44, 47, 48, 83, 91, 117, 164

B

Baut	122, 124, 125, 137, 141
Baterai	45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 59, 71, 72, 73, 74, 77, 81, 83, 84, 85, 86

C

<i>Charge</i>	21, 34, 42, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 84
CO ₂	2, 5, 7, 33, 106, 187, 188, 190

D

DC	22, 44, 47, 48, 83, 85, 117, 160
Daya	9, 10, 11, 16, 20, 21, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 40, 41, 45, 46, 47, 49, 51, 58, 71, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 90, 149, 150, 170, 171, 172, 175, 185, 186, 187

E

Emisi	2, 3, 5, 7, 31, 32, 39, 64, 91, 184, 187, 188, 189, 195, 197
Energi	1, 2, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 21, 22, 24, 27, 31, 33, 34, 35, 36,

	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 50, 52, 53, 55, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 82, 85, 91, 103, 112, 169, 170, 185, 186, 187, 188, 189, 194, 195, 196, 197
Energi Baru Terbarukan <i>Export</i>	1, 2, 9, 14, 16, 35, 36, 37, 52, 189, 194, 196 74, 77, 88, 91, 101, 102
F	
Fleksibel	49, 56, 66
G	
<i>Google Earth</i>	86, 92, 93
<i>Green</i>	2, 20, 32, 41, 88, 194, 195
Gas rumah kaca	5, 6, 20, 31, 32, 41, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 79, 91, 189
H	
Hybrid	19, 20, 40, 47, 49, 69
I	
Iklim	2, 5, 6, 7, 9, 15, 189
<i>Import</i>	74, 75, 77, 91
Inverter	22, 43, 45, 46, 47, 50, 70, 73, 82, 83, 90, 117, 150, 151, 154, 156, 157, 159, 160, 165, 168
Inovasi	1, 51, 65, 188
J	
Jenis	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 45, 47, 49, 50, 69, 74, 75, 84, 112, 116
K	
K3	116, 127

Konservasi	1, 37, 185, 186, 189, 194
Kw	14, 29, 30, 36, 78, 79, 80, 83, 91, 186, 187
kWh	11, 25, 29, 30, 32, 53, 74, 75, 80, 90, 91, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 176, 177, 178, 179, 180, 186, 187, 188
kWh meter	90, 170, 171
kWh EXIM	32, 90, 167, 169, 171

L

LPG	184, 186, 187
Listrik	1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 27, 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 58, 64, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 90, 91, 116, 169, 170, 171, 172, 177, 186, 187, 188, 189, 195, 196

M

Matahari	1, 5, 6, 7, 9, 13, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 38, 40, 41, 42, 46, 48, 50, 63, 64, 68, 73, 85, 169
MCB	90, 117, 154, 157, 160, 161, 162
Modul	18, 21, 22, 23, 38, 41, 43, 44, 45, 60, 70, 75, 84, 118, 126, 159
Mounting	112, 131
Monitoring	33, 34, 174, 175, 176, 177, 180, 182
Mikrohidro	14, 17, 194

N

Nasional	2, 3, 15, 16, 31, 46, 64, 188, 189, 195
----------	---

O

On-grid	19, 20, 39, 40, 47, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 170
Off-grid	18, 20, 31, 39, 40, 47, 50, 70, 71, 189
Online	174, 176, 177, 180, 182

P

PLTS	1, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 83, 84, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 116, 118, 119, 127, 128, 170, 171, 172, 174, 175, 177, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 194, 195, 196, 197
<i>Photovoltaic</i>	38, 39, 43, 81
Panel	19, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 30, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 56, 58, 64, 65, 66, 71, 72, 81, 82, 83, 85, 112, 117, 118, 125, 126, 128, 140, 141, 143, 148, 149, 150, 159, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 175, 194
Peraturan	2, 3, 16, 31, 37, 188
Perjanjian	15, 33, 53
Potensi	1, 16, 29, 32, 35, 36, 37, 52, 81, 86, 88, 89, 92, 93, 103, 111, 187

Q

<i>Quality</i>	3
----------------	---

R

Radiasi	5, 12, 24, 25, 27, 29, 30, 46
Regulasi	31, 37, 188
<i>Rell</i>	121, 123, 124, 125, 126, 128, 136, 139, 140
<i>Rooftop</i>	45, 68, 69, 116, 118, 194

S

Sistem

1, 9, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 33, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 49, 50, 60, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 91, 108, 110, 158, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 177, 180, 195, 196, 197
Solar 19, 20, 22, 27, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 60, 65, 67, 72, 80, 125, 126, 159, 194

T

Target

17, 18, 31, 32, 53, 188, 196

U

-

V

Volt 11, 12, 21, 27, 41, 44, 48, 49

W

Watt

1, 10, 11, 21, 23, 27, 43, 52, 58, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 90, 172

X

-

Y

Yogyakarta

24, 26, 29, 35, 36, 37, 86, 93, 174, 175, 177, 180

Z

Zoom

94, 98

BIOGRAFI PENULIS

Penulis : Dr. Masrur Alatas, ST., M.Eng.



Masrur Alatas, lahir tanggal 10 Juni 1982 di Trenggalek, Jawa Timur. Pendidikan Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada lulus 2010. Magister Sistem Teknik Fakultas Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada dengan konsentrasi Energi Baru Terbarukan (EBT) - Mikrohidro lulus tahun 2013. Program Doktor Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret lulus tahun 2021 (Cumlaude) dengan konsentrasi bidang Mikrohidro berbasis pemberdayaan masyarakat Spiral Cycle Microhydro Community System (SCMCS) dan Multistakeholder ABGC-FIT. Program Post Doctoral Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) tahun 2022-2023 dengan konsentrasi Mikrohidro-Pikohidro dan inovasi Picohydro Portable Turbine (PPT). Pengalaman sebagai site manajer pembangunan gedung di UNY dan pembangunan gedung di Istana Kepresidenan Yogyakarta tahun 2007-2008. Tim ESDM Sleman Perencanaan Mikrohidro 7 titik lokasi di Sleman tahun 2005. FS dan DED, Perencanaan dan Pembangunan Mikrohidro di Blitar kegiatan Program Pembangunan Ekoregion Jawa (PPEJ) tahun 2010-2011, Tim UGM - Indonesia Power (IP) perencanaan FS- DED PLTM Kalibeyer, PLTM Lensonso dan PLTM Purbasari tahun 2009-2010. Tim UGM kegiatan optimalisasi PLTA Jelok tahun 2013, optimalisasi Mikrohidro 4 titik di Jambi tahun 2016. Perencanaan PLTM Muratara Sumatra Selatan tahun 2015-2016. Feasibility Study (FS) PLTMH Cascade Kulonprogo, Yogyakarta tahun 2019-2020. Asisten Dosen Teknik Sipil UGM tahun 2004 sampai dengan 2014. Dosen Program Studi Teknik Sistem Energi (TSE) Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Yogyakarta (ITY) sejak tahun 2014 sampai dengan sekarang dengan mengampu mata kuliah Gambar Teknik, Energi Baru Terbarukan dan Konversi (EBTKE), Hidrologi dan Hidrolika Terapan, Infrastruktur,

Engineering Design, Manajemen dan Audit Energi, Laboratorium Pembangkit Energi, Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air, dan Pemberdayaan Masyarakat. Kaprodi Teknik Sistem Energi FT ITY tahun 2014-2017, Kaprodi Magister Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana tahun 2021-2023, Kaprodi Magister Teknik Lingkungan Sekolah Pascasarjana tahun 2023 sampai sekarang. Menulis buku Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Mikrohidro Berkelanjutan tahun 2021, Buku Mudahnya Menggambar Teknik (Kode Keyboard AutoCAD) tahun 2023, Buku Mikrohidro Portable tahun 2023, Buku Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE) Sejarah Kincir Air dan Turbin Air 2024, serta menulis dan publikasi hasil penelitian pada jurnal internasional bereputasi tinggi Scopus dan Web of Science (WoS). Penulis juga berperan aktif dalam organisasi sebagai pengurus - pengawas pada KSPPS Madani Jawa Timur sejak 2010 sampai dengan sekarang. Menjadi dewan Pembina pada Komunitas Mikrohidro Terpadu Indonesia (KMTI), Gerakan Restorasi Sungai Indonesia (GRSI), Komunitas Lingkungan Hidup Terpadu (KLHT), Komunitas Peduli Drainase dan Lingkungan Hidup (KPD LH), Ketua Forum Komunikasi Daerah Aliran Sungai (FKPDAS) D.I.Yogyakarta periode 2024-2029, serta komunitas lingkungan lainnya.

Buku ini terdiri dari 10 bab tentang ilmu PLTS Atap (Rooftop) sebagai pengetahuan dasar dan bagi pemula, khususnya bagi akademisi, dosen, guru, mahasiswa dan pelajar khususnya terkait dengan PLTS Atap. Bab 1. Mengapa Harus Energi Ramah Lingkungan. Bab 2. Energi Baru Terbarukan. Bab 3. Konversi Energi. Bab 4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berisikan sub bab (regulasi PLTS, sumber potensi dan peluang, sistem PLTS, prinsip kerja PLTS, komponen PLTS, perkembangan inovasi panel surya - PV). Bab 5. PLTS Atap berisikan sub bab (definisi PLTS atap, sistem PLTS atap, pemasangan PLTS atap pada rumah tinggal, pemasangan PLTS atap pada industri). Bab 6. Kebutuhan Daya Listrik. Bab 7. Tahapan Pemasangan PLTS Atap terdiri dari sub bab atau 9 tahapan dalam pemasangan PLTS Atap (Tahapan 1 Identifikasi Potensi Rencana Pemasangan PLTS Atap, Survei lokasi dan koordinat, Survei luas atap potensi, Survei beban dan rencana pemasangan panel. Tahap 2 Analisis, Analisis Luas Atap Google Earth, Terra Incognita, UAV dan GIS. Tahap 3 Perijinan, Surat Pemberi Kuasa, Surat Permohonan dan Pemasangan Sistem PLTS Atap. Tahap 4 Mounting berdasarkan jenis atap, Desain rencana rangka dudukan pada atap Plat dak beton. Tahap 5 Persiapan Peralatan dan Perlengkapan, Peralatan, Panel PV, Inverter, MCB. Tahap 6.a. Pemasangan PLTS Atap, Pemasangan Dudukan panel untuk Atap genteng, Bagian bagian support modul, Pengukuran, Marking dan Pembukaan genteng, Pemasangan Mounting (Profil 1 dan 2), Pemasangan Rell, Pemasangan Solar Panel Cell, Tahap 6.b. Pemasangan PLTS Atap Plat Dak, Persiapan Perlengkapan K3, Pengukuran dan Plot presisi, Peralatan Pelengkap, Pemasangan Mounting (Profil 1 dan 2) Dudukan Rangka, Pemasangan Rangka, Pemasangan Rell, Pengangkatan, Pemasangan dan Penguncian Panel, Penyolderan Socket dan Penyambungan, Pengecekan Daya Panel sebelum penyambungan seri, Pengecekan Daya sebelum penyambungan ke Inverter, Penyambungan Inverter. Tahap 7 Pemasangan Inverter dan MCB Box, bagian bagian pada Inverter, Bagian bagian pada MCB Box, Pemasangan Inverter dan MCB Box. Tahap 8 terdiri dari Penyambungan dan Pemasangan Jaringan kabel, Blok Diagram Sistem, Membuat Kabel Jumper dari Panel ke Inverter, Pengkabelan dari Inverter ke MCB Box dan ke MCB Rumah Terpasang, Grounding). Tahap 9 berisi tentang Penyambungan kWh Exim, Menghidupkan dan Pengoperasian Sistem. Bab 8. Monitoring Sistem Online. Bab 9. Emisi Karbon Rumah Tangga Dan Solusinya. Bab 10. Jasa Lingkungan Melalui PLTS Atap.

Buku ini memberikan nilai ilmu dasar dan praktis bahkan best practice yang didapatkan penulis dalam kegiatan dilapangan dan referensi dari pelatihan, serta dilengkapi dengan analisis dan perhitungan praktis. Semoga buku ini dapat menjadi ilmu bermanfaat, referensi dalam kegiatan akademis dan pelaksanaan kegiatan dilapangan.



IKAPI
INDONESIAN KNOWLEDGE ASSOCIATION FOR PROFESSIONAL INFORMATION

CV. Tahta Media Group
Surakarta, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.com
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 896-5427-3996

