

STUDI INSTALASI FOTOVOLTAIK SEBAGAI PENUNJANG CATU DAYA LISTRIK DI GEDUNG TEKNIK SIPIL DAN GEDUNG TEKNIK GEOLOGI UNIVERSITAS DIPONEGORO MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY 6.81

Muta Ali^{*}), Karnoto, Nugroho Agus Darmanto

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*}E-mail: mutaali244@gmail.com

Abstrak

Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik(RUPTL) selama tahun 2018-2027 oleh PLN, proyeksi rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik meningkat 6,86% per tahun. Konsumsi energi listrik ini akan terus meningkat sejalan dengan kemajuan teknologi, pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk serta besarnya tuntutan untuk melakukan segala sesuatu yang lebih mudah dan efisien. Untuk itu penyediaan energi listrik harus terus dikembangkan dengan menerapkan energi terbarukan karena penggunaan bahan bakar fosil terbatas ketersediaannya. Penelitian ini membahas tentang Studi Instalasi Fotovoltaik atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya(PLTS) yang memanfaatkan dan mengoptimalkan penggunaan atap gedung pada Teknik Sipil dan Teknik Geologi menggunakan software PVSyst 6.81 sebagai suplai penunjang beban daya listrik AC(Air Conditioner). Energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini sebesar 184,275 MWh setiap tahunnya. Energi ini terbagi menjadi dua yaitu sebagai penyuplai beban dan sebagai cadangan pada baterai. Berdasarkan simulasi PVSyst total daya beban tiap tahunnya adalah 109,5 MWh, sehingga daya yang tidak digunakan sebesar 74,648 MWh. Daya yang tidak digunakan ini akan tersimpan dibaterai karena suatu ketentuan yang membatasi tingkat kedalaman pengosongan maksimum diberlakukan untuk baterai. Pada perancangan ini depth of discharge(DOD) yang dihasilkan sebesar 40,5%, yang artinya dua kali lebih besar dari DOD standar sehingga bisa dipastikan life time battery bisa bertahan lama sesuai spesifikasi komponen yang digunakan.

Kata Kunci: RUPTL, PLTS, PVSyst, DOD

Abstract

Based on the Electricity Supply Business Plan(RUPTL) during 2018-2027 by PLN, the projected average growth in electricity demand will increase 6.86% per year. This electricity consumption will continue to increase in line with technological advances, economic growth and increasing population and the magnitude of the demand to do things easier and more efficiently. For this reason the supply of electricity must continue to be developed by applying renewable energy because the use of fossil fuels is limited in availability. This research about the Study of Photovoltaic Installation or Solar Power Plant(PLTS) that utilizes and optimizes the use of building roofs in Civil and Geological Engineering using PVSyst 6.81 software as a supply for supporting AC(Air Conditioner) electric power loads. The electricity generated by this Solar Power Plant amounts to 184,275 MWh annually. This energy is divided into two, namely as a supplier of the load and as a backup on the battery. Based on the PVSyst simulation the total load power per year is 109.5 MWh, so the unused power is 74.664 MWh. This unused power will be stored in a battery because of a provision that limits the maximum discharge depth applied to batteries. In this design the depth of discharge(DOD) produced by the PLTS is 40.5%, which means twice the standard DOD so that the life time of the battery can last long according to the specifications of the components used.

Keywords: RUPTL, Solar Power Plant, PVSyst, DOD

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat penting pada kehidupan manusia. Hal ini terbukti pada aktifitas sehari-hari yang menggunakan peralatan modern, hampir semua memakai energi listrik sebagai sumbernya.

Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) selama tahun 2018-2027 oleh PLN, proyeksi rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik meningkat 6,86% per tahun. Konsumsi energi listrik ini akan terus meningkat sejalan dengan kemajuan teknologi, pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk serta besarnya

tuntutan untuk melakukan segala sesuatu yang lebih mudah dan efisien[1].

Kondisi cadangan energi fosil yang terus berkurang diantisipasi oleh Pemerintah Indonesia untuk lebih meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan (EBT). Pemerintah telah mengeluarkan Perpres No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. RAN-GRK mencakup beberapa bidang sebagai berikut, pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, pengolahan limbah, dan kegiatan pendukung lain. Pada sektor energi terdapat beberapa kebijakan yang termuat dalam lampiran 1 Perpres No. 61 Tahun 2011, yaitu peningkatan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) dan pemanfaatan teknologi bersih untuk pembangkit listrik[3].

Dalam Permen ESDM No.53 Tahun 2018 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik. Sehingga pada RUPTL PLN 2018-2027, munculah Kebijakan Energi Nasional mempunyai sasaran baruan energi yang optimal sebagai berikut: “Pada tahun 2025 peran energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% sepanjang keekonomiannya terpenuhi, minyak bumi kurang dari 25%, batubara minimal 30%, dan gas bumi minimal 22%”[2].

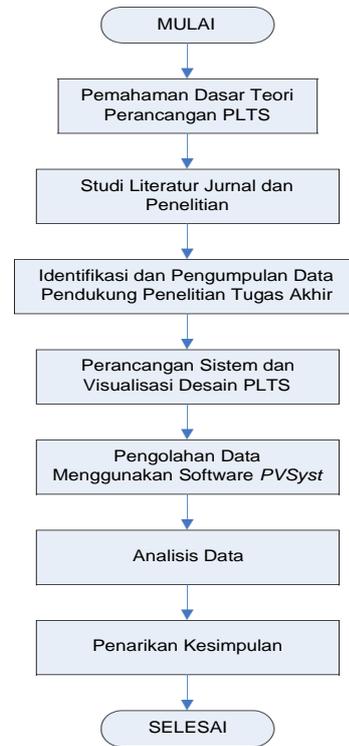
Indonesia memiliki potensi sumber daya energi baru terbarukan(EBT) yang cukup besar dengan variasi yang cukup beragam. Dilihat dari letak geografisnya, salah satu potensi sumber daya energi terbarukan di Indonesia yaitu energi matahari. Potensi besar ini tentunya dapat dimanfaatkan dengan mengembangkan Fotovoltaik atau lebih dikenal dengan istilah Pembangkit Listrik Tenaga Surya(PLTS) di Indonesia[4].

Gedung Teknik Sipil dan Teknik Geologi Universitas Diponegoro yang terletak di kecamatan Tembalang, Kota Semarang merupakan salah satu tempat yang strategis untuk pengembangan fotovoltaik. Selain parameter untuk pemasangan teknologi panel surya yang baik, keduanya di suplai oleh sistem kelistrikan yang sama dengan langgan daya PLN sebesar 345 dan kapasitas transformator sebesar 400 kVA sedangkan beban listrik eksisting yang terpasang mencapai 580 kVA. Penelitian ini membahas tentang Studi Instalasi Fotovoltaik dengan memanfaatkan serta mengoptimalkan penggunaan atap gedung pada Teknik Sipil dan Teknik Geologi sebagai catu daya beban listrik harian dengan sistem *Off-Grid* menggunakan software PVSyst 6.81. PLTS ini sebagai suplai penunjang beban daya listrik AC(Air Conditioner), diharapkan dapat mengurangi penggunaan daya listrik minimal 20% dari daya listrik AC(*Air Conditioner*) terpasang[5].

2. Metodologi Penelitian

2.1. Langkah Penelitian

Tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Pengumpulan Data

2.2.1. Penentuan Tempat Instalasi PLTS, Iklim dan Cuaca serta data beban harian

Gedung Teknik Sipil dan Teknik Geologi bertempat di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah memiliki potensi energi matahari sebagai salah satu energi terbarukan yang cukup tinggi. Hal ini berdasarkan data BMKG Semarang, rata-rata lama penyinaran bulanan (insolasi) pada tahun 2019 untuk wilayah Kota Semarang sebesar 7,88 jam. Berdasarkan data POWER Access Data Viewer NASA, nilai irradiansi rata-rata pada wilayah tersebut sebesar 5,97 kWh/m²/hari, nilai suhu rata-rata bulanan pada tahun 2019 di wilayah tersebut sebesar 28,05°C, serta memiliki nilai kecepatan angin rata-rata sebesar 2.52 m/s pada tahun 2019. Data-data mengenai potensi matahari di wilayah tersebut yang didapat dari BMKG Stasiun Klimatologi Semarang dan POWER Access Data Viewer NASA dapat digunakan untuk mengolah data mengenai potensi PLTS pada wilayah tersebut menggunakan software PVSyst.

Tabel 1. Data Waktu Insolasi Matahari di Kota Semarang, Jawa Tengah Tahun 2019

Bulan	Waktu Insolasi Matahari (Jam)
Januari	5,81
Februari	6,04
Maret	5,60
April	6,94
Mei	8,44
Juni	8,69
Juli	9,33
Agustus	9,69
September	9,79
Oktober	9,86
November	8,28
Desember	6,11
Rata-rata	7,88

Tabel 2. Data Intensitas Radiasi Matahari pada Lokasi PLTS di Tahun 2019 Berdasarkan Data NASA

Bulan	Intensitas Radiasi Matahari (kWh/m ² /hari)
Januari	4,60
Februari	5,27
Maret	4,55
April	5,10
Mei	5,45
Juni	5,19
Juli	5,40
Agustus	6,01
September	6,52
Oktober	6,55
November	6,01
Desember	5,29
Rata-rata	5,97

Tabel 3. Data Temperatur Rata-Rata pada Lokasi PLTS di Tahun 2019 Berdasarkan Data NASA

Bulan	Intensitas Radiasi Matahari (kWh/m ² /hari)
Januari	27,62
Februari	27,90
Maret	27,58
April	26,75
Mei	28,65
Juni	28,26
Juli	26,01
Agustus	27,19
September	28,77
Oktober	29,82
November	28,73
Desember	28,66
Rata-rata	28,05

Sedangkan untuk data beban, Gedung Teknik Sipil dan Geologi mempunyai suplai daya PLN yang sama yaitu 345 kVA. Namun berdasarkan survey dan perhitungan, total beban yang terpasang mencapai 580 kVA, ketika semua beban ini digunakan, maka akan terjadi overload. Beban harian yang akan disuplai dari PLTS adalah beban AC(Air Conditioner) dimana pemakaian beban ini sangat besar dengan total rating daya sebesar 248,88 KW. Karena tempat untuk instalasi panel surya yang terbatas, maka beban AC(Air Conditioner) yang mampu disuplai sebesar 66 KW yang sudah di konversi kedalam arus bolak balik.

Berikut data cuaca dan iklim serta data beban pada Gedung Teknik Sipil dan Geologi dalam bentuk tabel.

Tabel 4. Data Kecepatan Angin pada Lokasi PLTS di Tahun 2019 Berdasarkan Data NASA

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	2,66
Februari	1,98
Maret	2,10
April	2,19
Mei	2,49
Juni	2,31
Juli	2,34
Agustus	3,09
September	2,73
Oktober	3,16
November	2,89
Desember	2,32
Rata-rata	2,52

Tabel 5. Beban Harian Gedung Teknik Sipil dan Teknik Geologi

Gedung	Lantai	Nama Barang	Jumlah	Daya (Watt)	Total Daya (Watt)
T. Sipil (A)	1		2	2040	4080
	1		7	2040	14280
T. Sipil (B)	2		9	2040	18360
	3		9	2040	18360
	1		6	2040	12240
T. Sipil (C)	2		9	2040	18360
	3	AC 2PK	6	2040	12240
	1		12	2040	24480
T. Sipil (D)	2		6	2040	12240
	3		7	2040	14280
	1		8	2040	16320
T. Sipil (E)	2		4	2040	8160
	3		2	2040	4080
	1		11	2040	22440
T. Geologi	2		12	2040	24480
	3		12	2040	24480
Total					248880

Mempertimbangkan daya yang dihasilkan dari PLTS maka beban AC yang akan disuplai pada gedung Geologi. Maka total pemakaian daya PLTS adalah 54,680 KW setelah di kali faktor kebutuhan 85% [11].

2.2.2. Komponen Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Dalam perancangan PLTS ini, dilakukan penentuan komponen yang digunakan pada sistem PLTS ini dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi hasil keluaran energi listrik PLTS sebagai berikut:

Tabel 6. Spesifikasi Komponen PLTS

Nama Komponen	Seri
Panel Surya	RSM72-6-350M
Combiner Box	MNPV12(HV)
MPPT Charger Controller	SPC384300-M
Panel Distribusi	REKAPANEL PDB-xx03
Battery	BYD Battery-Box Pro 13.8
Inverter	GREEN SUNSHINE GSI 360-120K3
ATS	220-3P-100 KVA

2.2.3. Instalasi Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Penentuan dan pemasangan sudut kemiringan panel surya tipe tetap(fixed array) guna mendapatkan daya keluaran yang optimum dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Teknik Sipil dan Geologi Universitas Diponegoro ini diperoleh berdasarkan letak geografis site plan tersebut. Hasil perbandingan pengukuran sudut kemiringan panel surya terhadap losses yang ditimbulkan dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya berdasarkan PVSyst 6.81 terlihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Sudut Kemiringan Panel Terhadap Losses yang Ditimbulkan

Sudut Kemiringan (°)	Losses (%)
9	-0,1
10	0,0
11	0,0
12	0,0
13	0,0
14	0,0
15	0,0
16	-0,1

Dari tabel 7 didapatkan nilai losses terendah pada sudut kemiringan 10 hingga 15 derajat senilai 0,0%. Untuk menentukan sudut paling optimal dilakukan simulasi terhadap sudut 10 hingga 15 derajat. Hasil menunjukan daya keluaran yang diperoleh dari sudut tersebut sebagai berikut:

Tabel 8. Perbandingan Sudut Kemiringan Panel Terhadap Jumlah Daya yang Tersalurkan ke Beban Dalam Satu Tahun

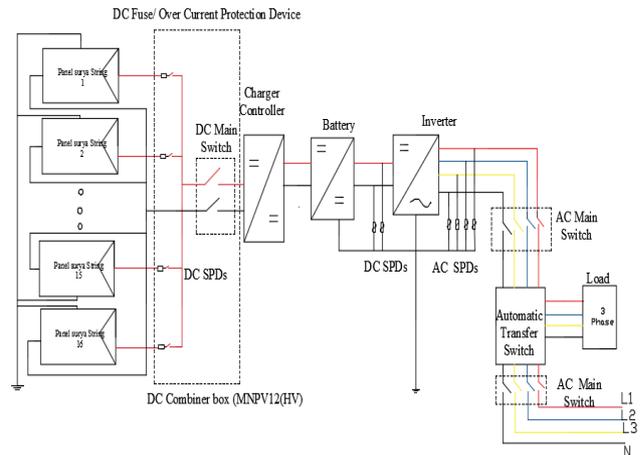
Sudut Kemiringan (°)	Daya ke Beban (MWh/tahun)
10	176,165
11	176,274
12	176,362
13	176,416
14	184,275
15	184,221

Pada tabel 8. didapatkan nilai daya tertinggi yang dapat disalurkan ke beban yaitu pada sudut kemiringan panel sebesar 14° yaitu sejumlah 184,275 MWh/tahun. Maka, didapatkan nilai sudut kemiringan paling optimal yang digunakan pada perancangan PLTS ini sebesar 14°.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Perancangan PLTS di gedung Teknik Geologi Universitas Diponegoro divisualisasikan dalam bentuk diagram daya. Proteksi yang dipasang pada PLTS terdapat beberapa jenis yaitu *combiner box*, *charger controller*, panel distribusi dan sistem *grounding* serta *ATS*.



Gambar 2. Diagram daya PLTS pada Gedung Teknik Geologi Undip

Berdasarkan diagram daya pada gambar 2, Untuk merancang sistem PLTS dipilih jumlah panel surya sebanyak 320 buah atau setara dengan 112 kWp dengan pertimbangan kapasitas dan spesifikasi inverter serta charger controller. Panel surya disusun secara seri paralel dengan masing-masing 16 dan 20 buah sehingga tegangan yang didapat sebesar 646V dan arus 179A.

Panel *Combiner Box* merupakan kotak yang digunakan untuk menggabungkan string fotovoltaik modul agar mendapatkan arus keluaran fotovoltaik yang optimal. Pada sistem ini menggunakan PV *combiner* MNPV12 (HV) dengan tegangan maksimal sebesar 600 V dan arus sebesar 200 A yang menggunakan jenis *enclosure* 3R/Alum.

Charger Controller yang digunakan adalah jenis MPPT *Solar Controller* SPC384300-M yang memiliki kapasitas 116 kW. Rating input voltage(VDC) yaitu 420-850V dan Max PV input arus sebesar 240A. Sehingga *charger controller* sudah sesuai dengan keluaran panel surya. Adapun keluaran dari *charger controller* pada *battery* adalah 336-464V dan arus maksimal 300A.

Panel distribusi menghubungkan input PV, input baterai, input AC, pemutus output AC, dan juga manual bypass for AC mode untuk menghindari beban terputus selama pemeliharaan. Hal ini dapat membantu untuk melakukan manajemen daya pusat Inverter dengan mudah. Panel ini juga dilengkapi dengan proteksi arus lebih dan proteksi induksi petir serta alat ukur tegangan dan arus per fasa serta frekuensi. Panel distribusi yang sudah sesuai dengan rancangan PLTS ini adalah REKAPANEL PDB-xx03 dengan kapasitas 10-500 kVA.

Terakhir yaitu *Automatic Transfer Switch*(ATS) digunakan untuk meningkatkan keandalan, dalam hal ini kekontinuitasan yang akan menjamin kesinambungan suplai listrik ke beban. Pada perancangan PLTS ini, ATS akan diatur secara otomatis selama 5 jam yaitu pada jam

10.00-14.00 WIB dengan pertimbangan daya yang dihasilkan PLTS pada kondisi maksimal dan dapat menghemat pemakaian baterai agar umur pakainya bisa bertahan lama sesuai spesifikasinya. Adapun ATS yang dirancang mempunyai spesifikasi PANEL ATS-220-3P-100KVA dengan Motorised COS ATS 160A.

Dari perhitungan dan penentuan jumlah komponen diatas dapat disajikan seperti tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Jumlah Komponen Berdasarkan Hasil Perhitungan

Nama Komponen	Seri	Kapasitas	Jumlah Komponen	Kapasitas Total
Panel Surya	RSM72-6-350M	350 Wp	320	112 kWp
Combiner Box	MNPV12(HV)	300 A	1	300 A
MPPT Charger Controller	SPC384300-M	116 kVA	1	116 kVA
Panel Distribusi	REKAPANEL PDB-xx03	120 kVA	1	120 kVA
Battery	BYD Battery-Box Pro 13.8 GREEN	13,3 kVA	8	107 kVA
Inverter	SUNSHINE GSI 360-120K3	120 kW	1	120 kW
ATS	220-3P-100 kVA	100 kVA	1	100 kVA

3.2. Hasil Simulasi PVSyst 6.81

Berdasarkan hasil simulasi software PVSyst Off-Grid Pembangkit Listrik Tenaga Surya di gedung Teknik Sipil dan Geologi Universitas Diponegoro menggunakan panel surya RSM72-6-350M 350 Wp sebanyak 320 buah dan MPPT Charger Controller SPC384300-M sebanyak 8 buah. Hasil produksi terbagi menjadi dua yaitu yang tersalurkan ke beban dan tersimpan pada baterai. Data hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berdasarkan Simulasi Software PVSyst 6.81

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EAvail kWh	Emused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac kWh
Jan	127,7	114,2	11191	2692	1144	8156	9300	0,877
Feb	126,1	115,4	11400	3651	958	7442	8400	0,886
Mar	143,5	137,2	13409	4382	904	8396	9300	0,903
Apr	148,9	149,8	14632	5763	891	8109	9000	0,901
Mei	165,8	176,9	17312	7433	360	8940	9300	0,961
Jun	158,4	174	17135	7856	279	8721	9000	0,969
Jul	168,8	183,7	18087	8260	144	9156	9300	0,984
Agu	179,2	187,7	18349	8616	346	8954	9300	0,963
Sep	180,6	178,1	17405	7970	267	8733	9000	0,97
Okt	180,7	168,9	16472	6915	335	8965	9300	0,964
Nov	192,8	171,5	16815	7421	288	8712	9000	0,968
Des	139	122,7	12067	3688	1085	8215	9300	0,883
Year	1911,5	1879,9	184275	74648	7002	102498	109500	0,936

Berdasarkan tabel 10, energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya gedung Teknik Sipil dan Geologi Universitas Diponegoro sebesar 184,275 MWh

setiap tahunnya. Energi ini terbagi menjadi dua yaitu sebagai penyuplai beban dan sebagai cadangan pada baterai. Berdasarkan simulasi PVSyst total daya beban tiap tahunnya adalah 109,5 MWh, sehingga daya yang tidak digunakan sebesar 74,648 MWh. Daya yang tidak digunakan ini akan tersimpan dibaterai karena suatu ketentuan yang membatasi tingkat kedalaman pengosongan maksimum, diberlakukan untuk baterai. Tingkat kedalaman pengosongan baterai atau biasa disebut *depth of discharge*(DOD) dinyatakan dalam persentase. Apabila DOD yang diberlakukan dalam suatu baterai semakin dalam maka akan semakin cepat siklus hidup dari baterai tersebut. Nilai DOD baterai minimal sebesar 20% dari total daya yang dihasilkan PLTS. Pada perancangan ini DOD yang dihasilkan PLTS gedung Teknik Sipil dan Geologi Universitas Diponegoro sebesar 40,5%, yanag artinya dua kali lebih besar dari DOD standar sehingga bisa dipastikan *life time battery* bisa bertahan lama sesuai spesifikasi.

4. Kesimpulan

Gedung Teknik Sipil dan Teknik Geologi Universitas Diponegoro yang disuplai oleh sistem kelistrikan yang sama dengan pelanggan daya PLN sebesar 345 kVA dan kapasitas transformator sebesar 400 kVA sedangkan beban listrik eksisting yang terpasang mencapai 580 kVA sehingga memerlukan penambahan daya serta energi baru terbarukan seperti PLTS. Hasil simulasi PLTS menunjukkan bahwa potensi optimum dari produksi energi listrik per tahun yang dihasilkan dengan sudut kemiringan 14° menghadap ke utara yang memiliki nilai *losses* terkecil 0,0% adalah sebesar 184,275 MWh. Total daya ini terbagi menjadi dua yaitu untuk suplai beban sebesar 109,5 MWh, dan sisanya yaitu 74,648 MWh disimpan pada baterai. Sehingga hasil ini dapat mengurangi pemakain daya listrik sebesar 20% pada beban listrik AC(*Air Conditioner*).

Referensi

- [1]. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) tahun 2018-2027, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018.
- [2]. BPPT Outlook Energi 2018, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018.
- [3]. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang peningkatan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) dan pemanfaatan teknologi bersih untuk pembangkit listrik, 2011.
- [4]. Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat. Indonesia Clean Energy Development II November 2018.
- [5]. Duffie, John A. and William A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes,3th, Jon Wiley & Sons Inc, New Jersey, 2006.
- [6]. Tjasyono, B., Klimatologi, Institut Teknologi Bandung, 2004
- [7]. Suraya, Deni; M. Marhaendra Ali, Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin, Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri, vol.2 No.1, 2016.

- [8]. Omran, Walid, Performance Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Systems, Electrical and Computer Engineering University of Waterloo, 2010.
- [9]. Ramon, San, A Guide To Photovoltaic (PV) System Design and Installation, California Energy Commission Energy Technology Development Division
- [10]. Ramadhani, Bagus, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos&Don't's, KESDM RI, Jakarta, 2018.
- [11]. Hasan Basri, Sistem Distribusi Daya Listrik, ISTN (Insitut Sains dan Teknologi Nasional), Jakarta Selatan, 1997.
- [12]. Ramadhani, Bagus, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos&Don't's, KESDM RI, Jakarta, 2018.
- [13]. J. Patricia Hanna, "Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok)," FT UI, 2012.
- [14]. International Finance Corporation (IFC), Utility Scale Solar Power Plants. India, 2012.
- [15]. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.