

# **SKRIPSI**

## **STUDI PERANCANGAN SISTEM HIBRID *PV-GENSET* ON GRID MENGUNAKAN SOFTWARE *HOMER* PADA RUMAH SAKIT UMUM DAERAH SIWA**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**AEDHIL SUWANDI**

**D041201043**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2024**



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PERANCANGAN SISTEM HIBRID PV-GENSET ON  
GRID MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER PADA RUMAH  
SAKIT UMUM DAERAH SIWA

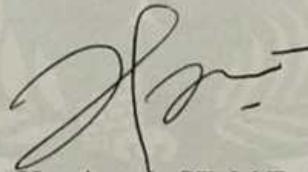
Disusun dan diajukan oleh

**Aedhil Suwandi**  
**D041201043**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 28 Agustus 2024  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

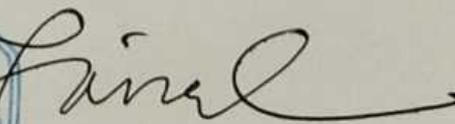
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Ir. Hasniaty A., ST., M.T., Ph.D.  
NIP. 197412052000122001

Ketua Program Studi,



Dr. Ing. Ir. Faizal Arya Samman, S.T., M.T., IPU., AseanEng, ACPE  
NIP. 197506052002121004



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aedhil Suwandi  
NIM : D041201043  
Program Studi : Teknik Elektro  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **STUDI PERANCANGAN SISTEM HIBRID PV-GENSET ON GRID MENGUNAKAN SOFTWARE HOMER PADA RUMAH SAKIT UMUM DAERAH SIWA**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

*Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.*

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 28 Agustus 2024

Yang menyatakan



Aedhil Suwandi



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Perancangan Sistem Hibrid PV-Genset On-grid menggunakan Software Homer pada Rumah Sakit Umum Daerah Siwa”

Tugas akhir ini dibuat dalam memenuhi salah satu syarat penyelesaian studi program sarjana di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis menghadapi hambatan-hambatan. Namun berkat do’a, semangat, kerja keras, dan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat diatasi dengan baik.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung membantu kelancaran penyusunan tugas akhir ini, diantaranya kepada:

1. Ibu Ir. Hasniaty A, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu, memberikan bimbingan, dorongan, masukan, arahan dan motivasi selama penulis menyusun tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. M. Bachtiar Nappu, S.T., M.Phil., Ph.D. dan Dr. Ir. Sri Mawar Said, M.T. selaku penguji yang telah memberikan saran dan kritik guna perbaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.



Semua dosen Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan bantuan yang diberikan selama penulis menempuh masa studi.

7. Bapak dr GUSAIDI, S.Ked. selaku Direktur Rumah Sakit Umum Daerah Siwa.
8. Bapak Ramlam, A.Md. TEM dan Bapak Rahmat Qurniawan Asmad, A.Md. TEM selaku teknisi RSUD Siwa.
9. Terkhusus untuk kedua orang tua yang saya hormati, cintai dan banggakan, Bapak Pansuri P. dan Ibu Jumiati serta keluarga yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik moril dan materiel.
10. Hati terkasih, Fitriani Sukri, A.Md,AB. yang saya cintai, sayangi dan banggakan yang selalu menyemangati, memotivasi, dan selalu mengajari, membantu penyusunan skripsi ini, serta selalu mendampingi saya suka dan duka.
11. Teman-teman A40 yang selalu saling mendukung selama menjalani suka duka hidup di perantauan.
12. Teman-teman Angkatan Teknik Elektro 2020
13. Seluruh pihak yang telah terlibat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis pun menyadari sepenuhnya bahwa penulisan tugas akhir ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaan penulisan ini.



## ABSTRAK

**AEDHIL SUWANDI.** *Studi Perancangan Sistem Hibrid PV-Genset On Grid menggunakan Software Homer pada Rumah Sakit Umum Daerah Siwa (dibimbing oleh Hasniaty A.)*

Indonesia merupakan negara yang cocok menggunakan PLTS karena mendapatkan sinar matahari hampir sepanjang tahun. PLTS bisa digunakan sebagai sumber energi utama maupun cadangan. Maka dari itu PLTS cocok digunakan sebagai sumber energi cadangan pada rumah sakit ketika terjadi pemadaman bergilir. Menghasilkan mendesain sistem hibrid PV-genset yang optimal untuk Rumah Sakit Siwa berdasarkan pemilihan jenis modul PV, inverter, dan kemiringan modul PV yang berbeda, dengan mempertimbangkan aspek kinerja dan keekonomian Dalam merancang sistem hibrid PV-genset yang optimal untuk Rumah Sakit Siwa, penting untuk memilih modul PV yang memiliki efisiensi tinggi dan inverter yang handal, serta menentukan sudut kemiringan modul PV yang sesuai. Kemiringan modul PV harus disesuaikan untuk memaksimalkan penerimaan sinar matahari berdasarkan kondisi geografis setempat. Metode yang digunakan yaitu kuantitatif untuk memastikan validitas dan keandalan penelitian. Penelitian ini dapat memberikan pemahaman terkait faktor-faktor yang mempengaruhi performa dan keekonomian sistem hibrid PV-genset di Rumah Sakit Siwa serta rumah sakit lainnya sebagai acuan dalam mendesain sistem PV yang lebih efektif dan efisien. Hasil desain dan simulasi yang yang didapatkan dalam penelitian ini, hasil dari desain PV-Genset konfigurasi 1 yang menggunakan PV ODA-460-36-MH dengan kemiringan 5°, biaya investasi optimal yang diperlukan sebesar Rp 19.133.790.000, dengan *Cost of Energi* atau biaya energi listrik Rp 2.776,84. Produksi listrik pada konfigurasi ini sebesar 973.650 kWh/tahun.

Kata Kunci : PLTS, PV, Sistem Hibrid, Homer, Tenaga Surya



## ABSTRACT

**AEDHIL SUWANDI.** *Design Study of PV-Genset Hybrid System on Grid using Homer Software at Siwa Regional General Hospital (supervised by Hasniaty A.)*

Indonesia is a suitable country to use PLTS because it gets sunlight almost all year round. PLTS can be used as a main or backup energy source. Therefore, PLTS is suitable for use as a backup energy source in hospitals when there are rolling blackouts. To design an optimal PV-genset hybrid system for Siwa Hospital based on the selection of different types of PV modules, inverters, and PV module tilt, taking into account the performance and economic aspects. In designing an optimal PV-genset hybrid system for Siwa Hospital, it is important to select PV modules that have high efficiency and reliable inverters, and determine the appropriate PV module tilt angle. The tilt of the PV module must be adjusted to maximize sunlight reception based on local geographical conditions. The method used is quantitative to ensure the validity and reliability of the research. This research can provide an understanding of the factors that affect the performance and economics of PV-genset hybrid systems in Siwa Hospital as well as other hospitals as a reference in designing more effective and efficient PV systems. The design and simulation results obtained in this study, the results of the PV-Genset configuration 1 design using ODA-460-36-MH PV with a 50 tilt, the optimal investment cost required is Rp 19,133,790,000, with Cost of Energy or the cost of electrical energy Rp 2,776.84. Electricity production in this configuration is 973,650 kWh/year.

Keywords : Solar Power Plant, PV, Hybrid System, Homer, Solar Power



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pengertian Pembangkit Listrik .....	5
2.2 Tenaga Surya .....	5
2.3 Potensi Energi Surya di Indonesia .....	5
2.4 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	6
2.5 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	9
2.6 Kapasitas Komponen PLTS .....	12
2.7 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	17
2.8 Perancangan PLTS Atap .....	18
2.8.1 Analisa Bayangan (Shading Analysis) .....	18
2.8.2 Analisa Struktur Atap .....	22
2.8.3 <i>Interruption Power Supply</i> .....	23
2.8.4 <i>Uninterruptible Power Supply</i> .....	24
2.9 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid .....	28
2.10 <i>Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (MER)</i> .....	29



2.13	State of Art .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>31</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	31
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	31
3.3	Variabel Penelitian.....	31
3.4	Bahan Uji dan Alat .....	31
3.5	Teknik Pengumpulan Data.....	32
3.6	Sistem Kelistrikan RSUD Siwa .....	32
3.7	Data-Data Penelitian .....	33
3.7.1	Data Penggunaan Rumah Sakit .....	33
3.7.2	Data Potensi Energi Matahari RSUD Siwa .....	33
3.8	Kebutuhan Energi Beban .....	35
3.9	Komponen yang Digunakan .....	39
3.9.1	Modul PV .....	39
3.9.2	Inverter.....	40
3.9.3	Genset .....	40
3.10	Teknik Analisis .....	40
3.11	Analisis Ekonomi .....	40
3.11.1	Biaya Net Total Masa Kini ( Total Net Present Cost / NPC).....	40
3.11.2	Annualized costs (AC) .....	41
3.11.3	Cost of Energi (COE) .....	41
3.12	Skema Sistem Kerja .....	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>45</b>
4.1	Analisa Bayangan RSUD Siwa.....	45
4.1.1	Bayangan Atap .....	45
4.1.2	Bayangan Pohon.....	45
4.1.3	Bayangan Bangunan/Gedung .....	46
4.1.4	Bayangan Panel Surya .....	46
4.2	Luas atap RSUD Siwa .....	46
4.2.1	Bangunan A RSUD Siwa .....	46
4.2.2	Bangunan B RSUD Siwa.....	47
4.2.3	Bangunan C RSUD Siwa.....	47
4.2.4	Bangunan D RSUD Siwa .....	48
4.2.5	Bangunan E RSUD Siwa.....	48



4.2.6	Bangunan F RSUD Siwa .....	49
4.3	Analisa Struktur Atap .....	49
4.4	Data Masukan dan Perancangan dalam Homer .....	50
4.4.1	Data Beban Listrik.....	50
4.4.2	Sumber Energi Surya.....	50
4.4.3	Ekonomi .....	51
4.4.4	Biaya Bahan Bakar Diesel.....	51
4.4.5	Umur Proyek .....	51
4.5	Hasil Simulasi Homer.....	51
4.5.1	Hasil Simulasi dengan Beban Sekarang .....	52
4.5.2	Hasil Simulasi dengan Perencanaan Penambahan Beban .....	62
4.6	Perbandingan <i>Net Present Cost (NPC)</i> Tiap Konfigurasi.....	69
4.7	Perbandingan <i>Cost Of Energy (COE)</i> Tiap Konfigurasi .....	70
4.8	Perbandingan Biaya Investasi .....	71
4.9	Perbandingan Produksi Listrik Tiap Konfigurasi .....	73
4.10	Performa Sistem dengan Sudut Kemiringan Berbeda dan Menggunakan Inverter Goodwe GW10KT-DT .....	73
4.11	Performa Sistem dengan Sudut Kemiringan Berbeda dan Jenis Inverter SolaX X3-Hybrid10.....	76
4.12	Perbandingan Produksi Emisi Tiap Konfigurasi.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		83
5.1	Kesimpulan .....	83
5.2	Saran .....	84
DAFTAR PUSTAKA.....		85
LAMPIRAN-LAMPIRAN .....		88



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 PLTS .....	7
Gambar 2 PLTS On-Grid .....	8
Gambar 3 PLTS Off-Grid.....	9
Gambar 4 Panel Surya .....	10
Gambar 5 Modul Surya Polikristalin.....	11
Gambar 6 Modul Surya Monokristalin.....	11
Gambar 7 Modul Surya Thin Film .....	12
Gambar 8 Solar Charge Controller Type PWM .....	14
Gambar 9 Solar Charge Controller Type MPPT .....	15
Gambar 10 Inverter.....	17
Gambar 11 Prinsip kerja sel surya.....	18
Gambar 12 Contoh Bayangan Pohon pada PLTS .....	20
Gambar 13 Contoh Bayangan Pohon pada PLTS .....	20
Gambar 14 Contoh Bayangan Panel Surya jatuh pada Panel Surya di sebelahnya.....	21
Gambar 15 Uninterruptible Power Supply .....	24
Gambar 16 Genset Open Type .....	25
Gambar 17 Genset Silent Type.....	26
Gambar 18 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid .....	29
Gambar 19 Lokasi RSUD Siwa.....	34
Gambar 20 Potensi Energi Matahari RSUD Siwa.....	35
Gambar 21 Rata-rata Kebutuhan Energi Harian Rata-Rata RSUD Siwa.....	38
Gambar 22 Tampilan Pengaturan PV Untuk Skenario 1.....	39
Gambar 23 Tampilan Pengaturan PV Untuk Skenario 2.....	39
Gambar 24 Tampilan Pengaturan Inverter Pada HOMER .....	40
Gambar 25 Skema Diagram Alir.....	42
Gambar 26 Skema Diagram Alir Perancangan PLTS Atap .....	44
Gambar 27 Bangunan RSUD Siwa .....	45
Gambar 28 Bangunan B RSUD Siwa.....	46
Gambar 29 Bangunan A RSUD Siwa .....	46
Gambar 30 Bangunan B RSUD Siwa.....	47
Gambar 31 Bangunan C RSUD Siwa.....	47
Gambar 32 Bangunan D RSUD Siwa .....	48
Gambar 33 Bangunan E RSUD Siwa.....	48
Gambar 34 Bangunan F RSUD Siwa .....	49
Gambar 35 Jendela Perancangan Beban Listrik .....	50
C, LCOE, OC .....	52
konfigurasi sistem Grid.....	52
perencanaan NPC .....	53
hasil yang di dapatkan konfigurasi Grid .....	54



Gambar 40 Produksi Energi per bulan .....	53
Gambar 41 Konfigurasi Sistem PV-Grid .....	54
Gambar 42 NPC, LCOE, OC .....	54
Gambar 43 Rincian NPC .....	55
Gambar 44 Emisi yang dihasilkan konfigurasi PV-Grid.....	57
Gambar 45 Produksi Energi per bulan .....	57
Gambar 46 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	58
Gambar 47 Konfigurasi sistem PV-Genset .....	59
Gambar 48 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	60
Gambar 49 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	62
Gambar 50 Pertumbuhan Beban RSUD Siwa Tahun 2025-2030.....	62
Gambar 51 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	64
Gambar 52 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	65
Gambar 53 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	66
Gambar 54 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	68
Gambar 55 (a).NPC, LCOE, OC, (b). Rincian NPC, (c). Rincian pembangkitan energi listrik, (d). Emisi.....	69
Gambar 56 Grafik Perbandingan Pvout Global Atlas dengan Homer .....	79



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kapasitas Dan Produksi Listrik PLTS pada Kasus Dasar dan PVCOST.....	6
Tabel 2 Perbandingan Atap Datar dan Atap Prisma.....	19
Tabel 3 Analisa Struktur Atap .....	22
Tabel 4 Komponen Mesin Genset .....	27
Tabel 5 Data Penggunaan Listrik RSUD Siwa.....	33
Tabel 6 Data Biaya Penggunaan Bahan Bakar Genset RSUD Siwa .....	33
Tabel 7 Data Kebutuhan Energi RSUD Siwa.....	36
Tabel 8 Jenis dan Berat Genteng Berdasarkan Material.....	49
Tabel 9 Data Produksi Energi Desain Grid-Beban.....	52
Tabel 10 Data Produksi Energi Desain PV-Grid.....	56
Tabel 11 Ketersediaan listrik.....	56
Tabel 12 NPC Skenario 1 .....	69
Tabel 13 NPC Skenario 2 .....	70
Tabel 14 COE Skenario 1 .....	70
Tabel 15 COE Skenario 2 .....	70
Tabel 16 Biaya Investasi Konfigurasi 1 Skenario 1 .....	71
Tabel 17 Biaya Investasi Konfigurasi 2 Skenario 1 .....	71
Tabel 18 Biaya Investasi Konfigurasi 1 Skenario 2 .....	72
Tabel 19 Biaya Investasi Konfigurasi 2 Skenario 2 .....	72
Tabel 20 Produksi Listrik Tiap Pembangkit.....	73
Tabel 21 Produksi Listrik Tiap Pembangkit dengan Perencanaan Penambahan Beban	73
Tabel 22 Produksi Listrik Konfigurasi PV-Grid .....	73
Tabel 23 NPC dan COE Konfigurasi PV-Grid.....	74
Tabel 24 Produksi Listrik Konfigurasi PV-Genset .....	75
Tabel 25 NPC dan COE Konfigurasi PV-Genset.....	75
Tabel 26 Produksi Listrik Konfigurasi PV-Grid .....	76
Tabel 27 NPC dan COE Konfigurasi PV-Grid.....	77
Tabel 28 Produksi Listrik Konfigurasi PV-Genset .....	77
Tabel 29 NPC dan COE Konfigurasi PV-Genset.....	78
Tabel 30 Emisi Konfigurasi 1 Skenario 1 .....	80
Tabel 31 Emisi Konfigurasi 2 Skenario 1 .....	80
Tabel 32 Emisi Konfigurasi 1 Skenario 2 .....	81
Tabel 33 Emisi Konfigurasi 2 Skenario 2 .....	82



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Datasheet PV ODA-460-36-MH.....	88
Lampiran 2 Datasheet Canadian Solar MaxPower CS6U-330P .....	89
Lampiran 3 Datasheet Goodwe GW10KT-DT.....	90
Lampiran 4 Datasheet Atlas Copco QAS 200.....	91
Lampiran 5 Tagihan Listrik dan Pembelian Bahan Bakar Genset .....	92



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
kWh	Kilowatt Hour
PV	Photovoltaik
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
RSUD	Rumah Sakit Umum Daerah
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
NPC	<i>Net Present Cost</i>
AC	<i>Annualized costs</i>
COE	<i>Cost of Energi</i>

:



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rumah sakit merupakan sarana pelayanan kesehatan bagi masyarakat di semua bidang dan jenis penyakit. Rumah Sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat (Permenkes RI, 2014).

Rumah Sakit Umum Daerah Siwa Kabupaten Wajo adalah Rumah Sakit Umum Daerah milik Pemerintah Kabupaten Wajo terletak diatas tanah seluas 13.107 m<sup>2</sup> dengan bangunan yang didirikan dan digunakan untuk operasional pelayanan sampai saat ini seluas 367m<sup>2</sup>, berada di Siwa mempunyai 76 tempat tidur dengan tingkat hunian rata-rata 68% per tahun. Wilayah dispersi atau jangkauan pelayanan Rumah Sakit meliputi Kecamatan Pitumpanua hingga perbatasan kabupaten Luwu (HBL RSUD SIWA, 2018).

Rumah sakit terdiri dari berbagai macam fasilitas. Fasilitas tersebut tentunya memerlukan listrik. Daya listrik yang digunakan sangatlah besar. Sumber listrik sangatlah penting untuk menunjang berbagai fasilitas dan peralatan yang ada di rumah sakit.

Di Indonesia, khususnya Sulawesi Selatan, pada saat musim kemarau terjadi pemadaman bergilir dikarenakan debit air PLTA berkurang. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga stabilitas dan mencegah terjadinya pemadaman total yang dapat berdampak lebih luas.

Pemadaman ini tentunya berdampak pada fasilitas rumah sakit. Rumah sakit tentunya memiliki sumber energi listrik cadangan untuk menyuplai kebutuhan energi listrik rumah sakit. Sumber energi cadangan tersebut berasal dari genset. Bahan bakar dari genset tersebut merupakan bensin ataupun solar. Bensin atau solar berasal dari minyak bumi dan minyak bumi merupakan sumber energi tak terbarukan.



merupakan negara tropis yang dilalui oleh garis khatulistiwa. Indonesia sinar matahari hampir sepanjang tahun. Sinar matahari sangatlah merupakan sumber energi terbarukan. Sinar matahari memiliki banyak

manfaat, misalnya untuk menjemur pakaian, mengandung vitamin D pada pagi hari, membantu tumbuhan untuk proses fotosintesis, dan sebagai sumber energi listrik.

Sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan proses yang disebut fotovoltaik. Proses ini menggunakan panel surya atau sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon.

Indonesia merupakan negara yang cocok menggunakan PLTS karena mendapatkan sinar matahari hampir sepanjang tahun. PLTS bisa digunakan sebagai sumber energi utama maupun cadangan. Maka dari itu PLTS cocok digunakan sebagai sumber energi cadangan pada rumah sakit ketika terjadi pemadaman bergilir.

Pada penelitian terdahulu (Ahmed, 2023) membahas mengenai kelayakan dan tekno ekonomi pv-genset pada layanan kesehatan pedesaan di Bangladesh. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki evaluasi tekno-ekonomi sistem fotovoltaik dengan generator diesel sebagai pasokan cadangan, untuk memastikan pasokan listrik terus menerus selama 24 jam, tidak peduli kondisi cuaca. Jenis penelitian ini merupakan evaluatif dengan menggunakan metode pendekatan kuantitatif. Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah subjek yang digunakan yaitu sistem hibrid *PV-Genset* dan jenis dan metode yang digunakan sama-sama menggunakan metode evaluatif kuantitatif. Sedangkan perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah lokasi dari penelitian sebelumnya adalah Healthcare Center in Bangladesh sedangkan dalam penelitian ini berlokasi di RSUD Siwa..

Berdasarkan hal tersebut, disusunlah laporan tugas akhir ini yang berjudul "Studi Perancangan Sistem Hibrid PV-Genset On-Grid menggunakan *Software Homer* pada Rumah Sakit Umum Daerah Siwa".

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, dirumuskanlah masalah yang akan dibahas, yaitu

1. Bagaimana mendesain sistem hibrid PV-Genset yang optimal untuk Rumah Sakit Siwa berdasarkan pemilihan jenis modul PV, inverter, dan kemiringan PV yang berbeda, dengan mempertimbangkan aspek kinerja dan ekonomian?



2. Bagaimana perbandingan nilai ekonomi sistem sebelum dan sesudah menggunakan sistem hibrid PV-Genset?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan permasalahan yang telah dirumuskan di atas, maka kegiatan ini bertujuan untuk

1. Menghasilkan mendesain sistem hibrid PV-genset yang optimal untuk Rumah Sakit Siwa berdasarkan pemilihan jenis modul PV, inverter, dan kemiringan modul PV yang berbeda, dengan mempertimbangkan aspek kinerja dan keekonomian.
2. Memperoleh perbandingan nilai ekonomi sistem sebelum dan sesudah menggunakan sistem hibrid PV-Genset.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat menjadi rujukan untuk perencanaan sistem hibrid PV-genset yang optimal dari segi teknologi dan keekonomian. Informasi ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait pemilihan teknologi dan strategi desain yang tepat dalam penerapan sistem hibrid PV-genset di rumah sakit lainnya.
2. Penelitian ini dapat memberikan pemahaman terkait faktor-faktor yang mempengaruhi performa dan keekonomian sistem hibrid PV-genset di Rumah Sakit Siwa serta rumah sakit lainnya sebagai acuan dalam mendesain sistem PV yang lebih efektif dan efisien.
3. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan energi terbarukan di Rumah Sakit Siwa dan rumah sakit lainnya.

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Pengukuran dan analisis potensi energi surya di lokasi penelitian.



si kelayakan teknis proyek sistem hibrid PV-Genset, termasuk panel dan infrastruktur pendukung.

3. Analisis produksi listrik yang dihasilkan, kapasitas, dan performa teknis panel surya yang dipilih
4. Analisis biaya investasi, biaya operasional, dan aspek ekonomi lainnya.
5. Diasumsikan tiap hari ada pemadaman 2 jam pada PV-Genset

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi dalam lima bab dengan harapan maksud dan tujuan dari penulisan ini dapat terangkum seluruhnya. Pembagian bab tersebut adalah sebagai berikut:

- BAB I            Mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.
- BAB II           Mencakup landasan teori yang berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian,
- BAB III          Mencakup teori pendukung dan metode analisis.
- BAB IV          Mencakup hasil dan pemaparan penelitian yang dilakukan.
- BAB V           Mencakup kesimpulan dan saran.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Pembangkit Listrik**

Pembangkit listrik adalah komponen penting dalam sistem tenaga listrik yang bertugas untuk menghasilkan listrik dengan mengonversi berbagai jenis sumber energi menjadi energi listrik. Sumber energi ini bisa beragam, seperti air, minyak bumi, batu bara, angin, sinar matahari, dan lainnya.

Untuk menciptakan energi listrik, kita memerlukan sebuah perangkat yang biasa disebut generator. Generator ini hanya bisa menghasilkan listrik jika porosnya berputar. Untuk memutar poros generator, kita membutuhkan energi mekanik, yang biasanya dihasilkan oleh turbin.

Turbin memiliki peran penting dalam proses ini, karena turbinlah yang mengubah energi dari sumber energi utama menjadi energi gerak atau energi mekanik. Dengan kata lain, turbin bertugas untuk mengubah energi primer menjadi energi mekanik yang nantinya digunakan untuk memutar poros generator dan menghasilkan listrik (Abbas, 2023).

#### **2.2 Tenaga Surya**

Energi matahari adalah sumber daya yang tak ada habisnya dan selalu tersedia. Energi ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif energi lainnya, yang dapat dikonversi menjadi listrik melalui penggunaan sel surya (Purwoto, 2020 ).

#### **2.3 Potensi Energi Surya di Indonesia**

Rahardjo (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia” menjelaskan tentang potensi energi surya di beberapa pulau besar Indonesia. Rahardjo menggunakan software MARKAL dalam penelitiannya. Hasil dari penelitiannya tersebut dalam dilihat pada tabel di bawah.



Tabel 1 Kapasitas Dan Produksi Listrik PLTS pada Kasus Dasar dan PVCOST

Wilayah	Kasus	2010		2015		2020		2025		Kapasitas (GW)
		Kap. (GW)	Prod. (PJ)							
Jawa	BASE	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	PVCOST	0	0	0	0	1,39	10,61	5,32	40,6	46
Kalimantan	BASE	0	0	0	0	0,13	1,01	0,54	4,13	0,6
	PVCOST	0	0	0	0	0,43	3,32	0,77	5,91	1,6
Sumatera	BASE	0	0	0	0	0	0	2,3	17,58	2,3
	PVCOST	0	0	0	0	0,09	0,67	4,67	35,63	16
Sulawesi	BASE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PVCOST	0	0	0	0	0	0	0,32	2,43	0,7
Maluku	BASE	0	0	0,01	0,09	0,02	0,15	0,03	0,24	0,0
	PVCOST	0	0	0,01	0,09	0,02	0,15	0,03	0,24	0,0
Nusa Tenggara	BASE	0,007	0,03	0,01	0,08	0,01	0,08	0,01	0,08	0,0
	PVCOST	0,007	0,03	0,01	0,08	0,04	0,28	0,05	0,42	0,0
TOTAL	BASE	0,007	0,03	0,02	0,17	0,16	1,24	2,28	22,03	15
	PVCOST	0,007	0,03	0,02	0,17	1,97	15,03	11,16	85,23	66

Sumber : (Rahardjo, 2020)

## 2.4 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah jenis pembangkit listrik yang mengonversi energi matahari menjadi listrik. Ada dua metode dalam pembangkitan listrik ini, yaitu secara langsung melalui fotovoltaik dan secara tidak langsung melalui konsentrasi energi matahari. Fotovoltaik mengubah energi cahaya menjadi listrik secara langsung dengan memanfaatkan efek fotoelektrik.

Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.



tan Energi Surya

pemusatan energi surya, atau dikenal juga dengan *Concentrated Solar SP*), memanfaatkan lensa atau cermin dan sistem pelacak untuk

memusatkan energi matahari dari area yang luas ke satu titik. Panas yang terkumpul kemudian digunakan sebagai sumber panas untuk pembangkit listrik konvensional yang menggunakan panas untuk menggerakkan generator. Teknologi yang sering digunakan dalam sistem ini meliputi sistem cermin parabola, lensa reflektor Fresnel, dan menara surya. Fluida kerja yang dipanaskan dapat digunakan untuk menggerakkan generator (mulai dari turbin uap konvensional hingga mesin Stirling) atau dapat digunakan sebagai media penyimpanan panas.

#### b. Fotovoltaik

Sel surya, juga dikenal sebagai sel fotovoltaik, adalah perangkat yang mengonversi energi cahaya menjadi energi listrik melalui efek fotoelektrik. Ini pertama kali dibuat oleh Charles Fritts pada tahun 1880. Pembangkit listrik tenaga surya jenis fotovoltaik adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan perbedaan tegangan yang dihasilkan oleh efek fotoelektrik untuk menghasilkan listrik. Panel surya terdiri dari tiga lapisan: lapisan panel P di bagian atas, lapisan pembatas di tengah, dan lapisan panel N di bagian bawah. Efek fotoelektrik terjadi ketika sinar matahari menyebabkan elektron di lapisan panel P terlepas, yang kemudian menyebabkan proton mengalir ke lapisan panel N di bagian bawah. Perpindahan arus proton ini menghasilkan arus listrik (Darwin, 2020).



Gambar 1 PLTS



PLTS pada dasarnya terbagi dua yaitu *On-Grid* dan *Off-Grid*, berikut mengenai sistem PLTS

#### a. PLTS *On-Grid*

Berdasarkan pengertiannya, PLTS adalah suatu sistem PLTS yang hanya akan menghasilkan listrik bila ada listrik dari jaringan. PLTS akan mengirimkan kelebihan produksinya ke PLN sehingga memungkinkan terjadinya proses pembelian dan penjualan listrik atau dapat dikreditkan untuk penggunaan listrik selanjutnya. Namun perlu diketahui bahwa proses ekspor-impor memerlukan meteran listrik khusus yaitu net metering. PLN sendiri telah menyediakan net metering yang dapat mendukung proses ekspor-impor listrik dari PLTS ke jaringan listrik PLN (Hayani *et. al.*, 2021).

Sistem *On-Grid* ini adalah sistem PLTS sederhana yang hemat biaya. Komponen utama PLTS *On-Grid* adalah panel surya dan inverter. Sistem yang terhubung ke jaringan dapat secara langsung mengkompensasi biaya listrik. Namun sistem ini mempunyai kelemahan yaitu terjadi pemadaman listrik dari PLN, juga akan mengalami pemadaman listrik, mengingat produksi PLTS jaringan bergantung pada PLN listrik untuk menghasilkan listrik (Hayani *et. al.*, 2021).



Gambar 2 PLTS On-Grid

#### b. PLTS *Off-Grid*

PLTS Off Grid adalah sistem yang menghasilkan listrik dari energi matahari, biasanya digunakan di daerah terpencil atau pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Sistem ini umumnya digunakan untuk skala perumahan dan bisnis tidak berbeda jauh dengan sistem PLTS *On Grid* (Hayani *et. al.*,



Sistem Off Grid memiliki keuntungan berupa rangkaian yang simpel dan cocok untuk penggunaan listrik skala rumah tangga. Namun, sistem PLTS *Off Grid* juga memiliki beberapa kelemahan, seperti penggunaan komponen yang lebih banyak, terutama baterai (Hayani *et. al.*, 2021).



Gambar 3 PLTS Off-Grid

### c. PLTS *Hybrid*

Sistem pembangkit listrik *hybrid* adalah sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan mengkombinasikan dua atau lebih sumber energi yang berbeda dalam satu pembangkit. Biasanya, sistem ini digunakan untuk jaringan listrik yang terisolasi. Dengan penerapan yang sinergis, sistem ini dapat memberikan manfaat baik dari segi ekonomi maupun teknis (Hayani *et. al.*, 2021).

## 2.5 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

### 1) Panel Surya

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaiic, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaiic (*Photovoltaic Cell*—disingkat *PV*). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6 V tanpa beban atau 0,45 V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Sel surya adalah perangkat yang dapat mengonversi energi cahaya matahari



energi listrik melalui proses yang dikenal sebagai efek fotovoltaiik, itulah juga disebut sel fotovoltaiik atau *Photovoltaic Cell*—disingkat *PV*. listrik yang dihasilkan oleh satu sel surya sangat rendah, sekitar 0,6V an atau 0,45V dengan beban. Oleh karena itu, untuk mendapatkan

tegangan listrik yang lebih tinggi sesuai kebutuhan, beberapa sel surya harus disusun secara seri (Purwoto, *et. al.*).

Sel surya adalah material semikonduktor yang memfasilitasi konversi langsung dari radiasi matahari menjadi listrik, tanpa melibatkan bagian yang bergerak. Biasanya, satu sel surya yang dibuat dari silikon dapat menghasilkan tegangan listrik sekitar 0,5 V.

Modul surya merupakan kumpulan sel surya yang terhubung satu sama lain. Untuk memastikan durabilitasnya, modul surya dilindungi dengan material yang tahan terhadap kondisi cuaca dan radiasi UV.

Panel surya adalah kumpulan beberapa modul surya yang tersusun dalam satu struktur. Sementara itu, rangkaian PV adalah sekumpulan panel surya yang saling terhubung melalui kabel dalam suatu sistem listrik (Rudiyanto, *et.al.*,2023).

Untuk mendapatkan daya yang cukup besar diperlukan banyak sel surya. Biasanya sel-sel surya itu sudah disusun sehingga berbentuk panel, dan dinamakan modul surya.



Gambar 4 Panel Surya

Saat ini, terdapat berbagai tipe panel surya yang digunakan secara luas, yang dibedakan berdasarkan material pembuatnya. Beberapa jenis tersebut meliputi panel surya polikristalin, monokristalin, dan *thin film*. (Rudiyanto, *et.al.*,2023).

#### a. Modul Surya Polikristalin

Modul surya polikristalin dibuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilelehkan dan kemudian dicetak dalam bentuk persegi. Meski proses produksinya lebih cepat dan pemakaian energi lebih rendah, efisiensinya cenderung lebih rendah (sekitar 11-16%) dibandingkan dengan modul surya monokristalin.



Modul surya polikristalin dirancang dengan susunan yang lebih padat, yang meminimalkan ruang kosong antara sel-sel surya. Dalam praktiknya, jenis modul surya ini membutuhkan area permukaan yang lebih luas dibandingkan dengan modul surya monokristalin untuk menghasilkan daya listrik yang sama, dikarenakan efisiensinya yang relatif lebih rendah.



Gambar 5 Modul Surya Polikristalin

Modul surya monokristalin terbuat dari kristal silikon tunggal yang diperoleh dari proses peleburan silikon dalam bentuk silinder dengan tingkat kemurnian sangat tinggi, mencapai 99,99%. Efisiensi sel fotovoltaik dari silikon monokristal cukup tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya, yaitu sekitar 16 - 17%. Meskipun demikian, modul surya jenis ini biasanya memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan dengan modul surya polikristalin.



Gambar 6 Modul Surya Monokristalin

#### b. Modul Surya Amorfous

Modul surya amorfous adalah teknologi fotovoltaik berlapis tipis atau thin film dengan ketebalan sekitar 10  $\mu\text{m}$ . Efisiensi sel surya berbasis silikon amorfous berkisar antara 6 - 9%. Karena densitasnya yang rendah, modul

jenis ini dapat dengan mudah dibentuk dan disesuaikan dengan permukaan yang diinginkan. Namun, modul surya jenis ini memiliki masa pakai yang lebih pendek dibandingkan dengan jenis lainnya, karena lebih



rentan terhadap berbagai kondisi dan cuaca akibat bentuknya yang tipis dan tidak memiliki bingkai.



Gambar 7 Modul Surya Thin Film

## 2.6 Kapasitas Komponen PLTS

Kapasitas dari komponen yang digunakan oleh PLTS dapat dihitung dengan cara sebagai berikut (Rahman, 2021)

### 1. Array area (Area PV)

Luas total array (Area PV) ditentukan dengan rumus berikut:

$$PV\ Area = \frac{W}{G_{AV} \times TCF \times n_{pv} \times n_{out}}$$

dimana :

PV Area = total luas permukaan panel surya ( $m^2$ ).

W = Energi yang dibangkitkan (kwh/hari)

$G_{AV}$  = besarnya intensitas sinar matahari ( $kwh/m^2$ )

TCF = faktor koreksi suhu / temperature correction factor

$n_{pv}$  = efisiensi modul

$n_{out}$  = efisiensi output

### 2. Daya maksimum yang dihasilkan oleh PLTS

Total area array (wattpeak) dapat digunakan untuk menghitung besar daya yang dibangkitkan PLTS, dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{wattpeak} = PV_{Area} \times PSI \times n_{pv}$$



l:

Peak Solar Insolation/jumlah maksimum energi matahari yang dapat ditangkap bumi, yaitu  $1.000\ W/m^2$ .

## 2) *Solar Charge Controller*

*Solar charge controller* adalah perangkat yang berfungsi untuk mengendalikan arus tegangan DC yang masuk ke baterai, mencegah overcharge atau fluktuasi tegangan yang masuk ke baterai. Ini adalah alat pengisi baterai yang khusus digunakan untuk panel surya. Solar charge controller mengatur tegangan dan arus yang masuk ke baterai untuk menjaga keamanan dan daya tahan baterai, dan memainkan peran penting dalam pengisian baterai aki dan pengaturan tegangan ke baterai dan beban. Sistem ini, yang terdiri dari sel surya, baterai aki, dan solar charge controller, dibuat dengan konstruksi yang portabel. Sel surya mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik melalui proses efek fotovoltaiik. Listrik yang dihasilkan oleh sel surya disimpan dalam baterai aki. Solar charge controller berfungsi untuk mengendalikan proses pengisian baterai agar dapat memberikan kondisi yang aman bagi baterai aki (Suparlan, 2019).

Fungsi dan fitur *Solar Charge Controller*:

1. Ketika tegangan pengisian pada baterai telah mencapai kapasitas penuh, controller akan menghentikan aliran listrik yang masuk ke baterai untuk mencegah *overcharging*. Hal ini akan memperpanjang umur baterai. Dalam kondisi ini, listrik yang disuplai oleh Panel Surya akan langsung dialihkan ke beban atau peralatan listrik dalam jumlah yang sesuai dengan konsumsi daya peralatan tersebut.
2. Ketika tegangan baterai hampir habis, controller berperan dalam menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban atau peralatan listrik. Pada tingkat tegangan tertentu (biasanya sekitar 10% sisa tegangan di baterai), pemutusan arus beban dilakukan oleh controller. Ini bertujuan untuk melindungi baterai dan mencegah kerusakan pada sel-sel baterai. Pada sebagian besar model controller, indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu (biasanya merah atau kuning) yang menunjukkan bahwa baterai sedang dalam proses pengisian. Dalam kondisi jika sisa arus di baterai kosong (di bawah 10%), pengambilan arus rik dari baterai akan diputus oleh controller, sehingga peralatan listrik



atau beban tidak dapat berfungsi. Beberapa tipe controller dilengkapi dengan meter digital dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memantau berbagai kondisi yang terjadi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (Purwoto *et. al.*).

Ada dua tipe utama controller yang biasanya digunakan dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia, yaitu PWM (*Pulse Width Modulation*) dan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*).

a. PWM (*Pulse Width Modulation*)

Tipe SCC ini adalah alat kontrol yang digunakan untuk mengatur pengisian baterai dengan menggunakan modulasi pulsa untuk mengontrol waktu pengisian dan pemakaian baterai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Ketika baterai telah terisi penuh, controller ini secara bertahap menurunkan tegangan. Karena harganya yang relatif terjangkau, controller ini banyak tersedia di pasaran. Namun, PWM hanya mampu menyesuaikan tegangan dari baterai, jika tegangan dari panel lebih rendah dari tegangan baterai, maka proses pengisian baterai tidak akan terjadi secara otomatis. PWM memiliki kapasitas yang relatif kecil, sehingga sangat cocok untuk sistem PLTS dengan kapasitas yang tidak terlalu besar, seperti SHS (Solar Home System) (Rudiyanto, *et.al.*,2023).



Gambar 8 Solar Charge Controller Type PMW



b. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

Tipe SCC MPPT, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8, adalah controller yang lebih efisien dibandingkan dengan SCC PWM. Controller ini mampu memaksimalkan tegangan selama proses pengisian baterai, bahkan dalam kondisi cuaca yang kurang mendukung. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dioptimalkan dan dikonversi menjadi arus untuk mengisi baterai. Misalnya, pada modul surya dengan kapasitas 100Wp yang dapat menghasilkan tegangan stabil sebesar 20 volt, namun nilai arusnya dapat berubah-ubah. Controller ini berfungsi untuk memaksimalkan tegangan yang ada untuk dikonversi. MPPT sangat baik digunakan dalam berbagai kondisi, seperti ketika tegangan turun di bawah tegangan baterai, MPPT dapat menstabilkan sistem panel surya sehingga masih dapat digunakan. Meskipun harganya mahal, MPPT sangat cocok untuk investasi jangka panjang (Rudiyanto, *et.al.*,2023).



Gambar 9 Solar Charge Controller Type MPPT

3) *Inverter*

Inverter adalah perangkat yang mengubah tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC). Tujuan dari inverter adalah untuk mengubah tegangan DC yang masuk menjadi tegangan AC yang simetris dengan magnitudo dan frekuensi yang diharapkan. Tegangan keluaran bisa tetap atau berubah-ubah, baik pada frekuensi tetap atau berubah-ubah. Tegangan keluaran yang berubah-ubah oleh dengan memvariasikan tegangan DC masukan sambil menjaga inverter tetap. Sebaliknya, jika tegangan DC masukan tetap dan tidak tegangan keluaran yang berubah-ubah bisa diperoleh dengan



memvariasikan penguatan inverter. Variasi penguatan inverter biasanya dicapai dengan menggunakan pengendali *Pulse-Width-Modulation* (PWM) dan *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) yang ada di dalam inverter.

Sebuah inverter ideal seharusnya menghasilkan gelombang keluaran berbentuk sinusoidal murni. Namun, pada kenyataannya, gelombang keluaran inverter bukanlah gelombang sinusoidal murni dan mengandung harmonisa. Harmonisa ini dapat dihilangkan dengan menggunakan filter dan teknik switching (Saodah, 2019).

Berdasarkan jenis gelombang keluaran yang dihasilkannya, ada tiga jenis inverter, yaitu *square wave*, *modified sine wave*, dan *pure sine wave*.

### 1. *Square Wave*

Inverter ini merupakan tipe yang paling dasar. Meskipun inverter ini mampu menghasilkan tegangan 220V AC, 50 Hz, kualitasnya tidaklah baik. Oleh karena itu, hanya bisa digunakan untuk beberapa perangkat listrik saja. Hal ini dikarenakan output inverter ini memiliki tingkat distorsi harmonik total yang tinggi.

### 2. *Modified Sine Wave*

Modified Sine Wave, juga dikenal sebagai Modified Square Wave atau Quasy Sine Wave, memiliki kemiripan dengan square wave. Namun, pada modified sine wave, outputnya mencapai titik 0 untuk beberapa saat sebelum bergerak ke positif atau negatif. Karena modified sine wave memiliki distorsi harmonik yang lebih rendah dibandingkan square wave, maka dapat digunakan untuk beberapa perangkat listrik seperti komputer, televisi, dan lampu. Namun, tidak cocok untuk beban yang lebih sensitif.

### 3. *Pure Sine Wave*

Pure Sine Wave atau true sine wave adalah jenis inverter yang menghasilkan gelombang yang hampir mirip dengan gelombang sinusoidal sempurna, dengan total harmonic distortion (THD) kurang dari 3%. Oleh karena itu, inverter ini cocok untuk semua perangkat elektronik dan sering

digunakan sebagai clean power supply. Teknologi yang biasanya digunakan oleh jenis ini adalah pulse width modulation (PWM), yang mampu



mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir identik dengan gelombang sinusoidal (Purwoto *et. al.*)



Gambar 10 Inverter

## 2.7 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya

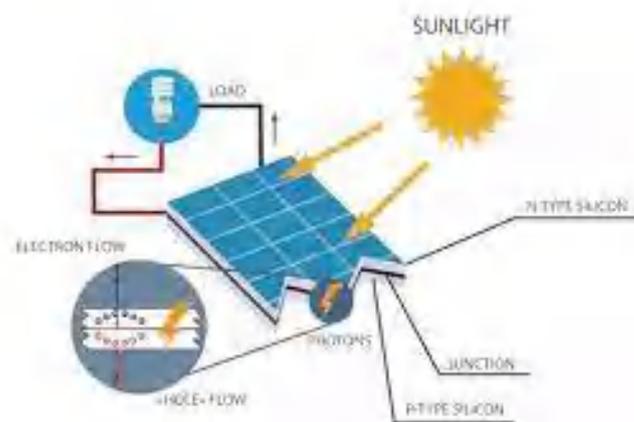
Konsep pembangkit listrik tenaga surya cukup sederhana, yaitu mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari adalah salah satu bentuk energi yang berasal dari sumber daya alam. Sumber daya alam ini telah banyak digunakan untuk menyediakan listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah tak terbatas yang langsung diambil dari matahari, tanpa memerlukan bagian yang bergerak atau bahan bakar. Oleh karena itu, sistem sel surya sering disebut sebagai sistem yang bersih dan ramah lingkungan.

Prinsip kerja sel surya silikon didasarkan pada konsep semikonduktor p-n junction. Sel tersebut terdiri dari lapisan semikonduktor tipe-n dan tipe-p yang membentuk p-n junction, lapisan antirefleksi, dan substrat logam yang menjadi tempat aliran arus dari lapisan tipe-n (elektron) dan tipe-p (*hole*). Semikonduktor tipe-n dibuat dengan mendoping silikon dengan elemen dari golongan V, sehingga memiliki lebih banyak elektron valensi dibanding atom di sekitarnya. Di sisi lain, semikonduktor tipe-p dibuat dengan mendoping dengan elemen dari golongan III, sehingga elektron valensinya kurang satu dibanding atom di sekitarnya. Ketika kedua jenis material ini berkontak, kelebihan elektron dari tipe-n berdifusi ke tipe-p. Akibatnya, area doping-n akan bermuatan positif sementara area doping-p akan bermuatan negatif. Medan listrik yang terbentuk pada keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan *hole* ke daerah-

hasilkan p-n junction. Dengan menambahkan kontak logam pada area junction terbentuk.



Ketika *junction* disinari, photon dengan energi yang sama atau lebih besar dari lebar pita energi material akan menyebabkan elektron terpicu dari pita valensi ke pita konduksi, meninggalkan *hole* di pita valensi. Elektron dan *hole* ini dapat bergerak dalam material, menghasilkan pasangan elektron-*hole*. Jika hambatan ditempatkan pada terminal sel surya, elektron dari area-n akan kembali ke area-p, menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir (Idris, 2019).



Gambar 11 Prinsip kerja sel surya

## 2.8 Perancangan PLTS Atap

### 2.8.1 Analisa Bayangan (Shading Analysis)

Analisis Bayangan adalah tahap krusial dalam merencanakan instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), baik itu PLTS atap, PLTS tanah, atau PLTS apung. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memastikan bahwa cahaya matahari yang mencapai panel surya tidak diblokir oleh objek di sekitarnya. Efek pencahayaan ini dapat mempengaruhi efektivitas modul surya dalam menghasilkan listrik (performa modul surya) (ICED, 2020).

#### a. Bayangan atap

Di Indonesia, biasanya ada dua jenis desain atap bangunan, yaitu atap datar dan atap prisma. Desain atap ini akan berdampak pada instalasi panel surya, dengan beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan (ICED, 2020).



Tabel 2 Perbandingan Atap Datar dan Atap Prisma

	Atap Datar	Atap Prisma
<b>Kemudahan Instalasi</b>	Pemasangan lebih mudah terutama dari beton karena ketahanannya.  Penambahan fondasi untuk rak PV lebih mudah untuk atap datar yang berbahan beton,	Pemasangan lebih sulit karena posisi atap miring
<b>Pengaturan orientasi (arah hadapan) panel surya</b>	Lebih mudah karena di setiap bagian atap memiliki kemampuan penerimaan sinar matahari yang relatif sepanjang lintasan matahari (tidak terhalang bayangan atap itu sendiri).  Orientasi pemasangan panel surya dapat disesuaikan dengan analisa bayangan	Perlu memperhatikan arah orientasi atap dan kemiringan atap dalam perencanaannya.  Atap yang menghadap utara/selatan adalah kondisi ideal untuk pemasangan PLTS atap. Namun jika atap menghadap timur /barat, dengan derajat yang pada atau sore hari panel surya dapat terhalang Oleh bayangan atap itu sendiri dan mengurangi jumlah energi yang dihasilkan Oleh PLTS atap.
<b>Implikasi Biaya</b>	Biasanya tidak perlu menambah biaya untuk perbaikan struktur atap.	Mungkin perlu menambah biaya untuk perbaikan struktur atap karena perlu menambahkan tiang penyangga panel surya yang cukup berat.  Hal ini supaya posisi panel surya lebih tinggi dan terhindar dari bayangan atap di waktu tertentu (terutama untuk yang orientasi timur/barat).



### a. Bayangan Pohon/Vegetasi

Selain dari bayangan yang dihasilkan oleh atap bangunan itu sendiri, bayangan dari tumbuhan yang berada di sekitar bangunan juga bisa menimpa panel surya jika tidak dilakukan analisis bayangan sebelumnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. Salah satu solusi untuk mengatasi bayangan pohon yang jatuh ke atap adalah dengan menebang pohon atau memangkas daunnya (ICED, 2020).



Gambar 12 Contoh Bayangan Pohon pada PLTS

### b. Bayangan Bangunan/gedung

Dalam konteks ini, penting untuk memperhatikan bangunan tempat panel surya akan dipasang, serta bangunan lain di sekitarnya. Jika observasi menunjukkan adanya potensi bayangan dari bangunan tersebut jatuh ke atap (pada waktu tertentu), maka disarankan untuk mempertimbangkan lokasi atap lain jika memungkinkan (ICED, 2020).



Gambar 13 Contoh Bayangan Pohon pada PLTS



### Analisis Bayangan Panel Surya

Sebelum pemasangan, jarak, derajat, dan arah kemiringan panel surya perlu dihitung untuk menghindari bayangan panel surya lain jatuh ke

panel surya tertentu, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini (ICED, 2020).



Gambar 14 Contoh Bayangan Panel Surya jatuh pada Panel Surya di sebelahnya

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, ada tiga aspek penting dalam analisis bayangan, yaitu desain atap, arah bangunan, dan objek di sekitar bangunan. Berikut adalah beberapa langkah sederhana yang dapat diambil untuk melakukan analisis bayangan (ICED, 2020).

1. **Melihat bentuk atap.** Jika berbentuk datar, maka dapat langsung menuju langkah kedua. Jika berbentuk prisma, maka langkah kedua dilakukan dengan fokus analisa pada Sisi atap yang menghadap utara dan selatan. Sisi atap yang menghadap ke timur dan barat menjadi kurang efektif untuk pemasangan panel surya karena potensi terkena bayangan atapnya cukup tinggi.
2. **Memeriksa orientasi atap dan koordinat lokasi pemasangan.** Setelah mengerucutkan area atap yang menghadap utara dan selatan (untuk atap berbentuk prisma), selanjutnya perlu dilihat lokasi pemasangan PLTS, apakah di sebelah utara atau di sebelah selatan khatulistiwa.
3. **Melihat adanya efek bayangan.** Langkah ini dilakukan dengan mengamati secara langsung objek penghalang di sisi timur dan barat. Obyek yang dimaksud dapat berupa atap itu sendiri, vegetasi/pohon, serta bangunan/tower.
4. **Melihat alternatif lain.** Jika ketiga langkah tersebut telah dilakukan, namun belum mendapatkan lokasi atap yang memadai, maka terdapat beberapa alternatif berikut:



- Apabila atap bangunan berbentuk prisma, dan luasan potensial justru pada sisi yang menghadap ke barat dan timur, maka dapat dipertimbangkan opsi untuk memasang tambahan struktur penyangga panel surya yang lebih tinggi agar terhindar dari efek bayangan atap.
- Baik itu atap berbentuk datar maupun prisma, jika terdapat obyek penghalang di sekitarnya, maka dapat dipertimbangkan opsi untuk menghilangkan obyek tersebut (jika memungkinkan).
- Atau dapat juga mengaplikasikan teknologi untuk menghindari terjadinya bayangan parsial (dan hot spot) dengan konsekuensi penambahan biaya (misalnya dengan memasang diode atau menggunakan *micro-inverter*).
- Bagi pemerintah daerah, untuk upaya meningkatkan pemanfaatan PLTS, jika gedung pemerintah tidak memungkinkan, maka peletakan di atas atap fasilitas umum (seperti sekolah, pasar, rumah sakit, puskesmas).

### 2.8.2 Analisa Struktur Atap

Analisa struktur atap bertujuan untuk memastikan bahwa struktur/konstruksi sipil dari atap bangunan yang ada cukup kuat untuk menyangga beban tambahan yaitu panel surya. Terdapat tiga hal yang perlu diperhatikan dalam analisa struktur atap, sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 3 Analisa Struktur Atap

Indikator	Analisa	Ilustrasi
<b>Bahan rangka atap</b>	Apakah rangka atap terbuat dari kayu, baja ringan, atau bahan lainnya?	
<b>Struktur rangka atap</b>	a. Apakah bentuk /jenis struktur atap bangunan saat ini? b. Bagaimana kerapatan struktur atap bangunan saat ini?	



Indikator	Analisa	Ilustrasi
<b>Genteng terpasang</b>	<p><b>yang</b> a. Apakah jenis material genteng Saat ini?</p> <p>b. Apakah material genteng saat ini sudah cukup berat?</p> <p>c. Apakah perlu adanya penguatan struktur untuk dapat menopang beban tambahan dari modul surya?</p>	

Sumber : (ICED, 2020).

## 2.9 Uninterruptible Power Supply

UPS adalah perangkat keras yang dirancang untuk menyediakan aliran listrik saat sumber utama (pembangkit) mengalami gangguan atau pemadaman. Di dalam UPS terdapat baterai yang berfungsi sebagai sumber daya cadangan ketika aliran listrik dari sumber utama terputus. Dalam keadaan normal, UPS menggunakan listrik dari sumber utama untuk mengisi baterai hingga penuh secara otomatis.

Perangkat UPS memiliki peran krusial sebagai sumber listrik cadangan sementara dengan waktu backup yang sangat singkat, biasanya hanya beberapa menit. Dalam waktu singkat tersebut, UPS memungkinkan pengguna untuk menyimpan data yang belum disimpan dan mematikan perangkat elektronik secara aman. Misalnya, dengan menghubungkan komputer ke UPS, risiko kerusakan pada perangkat keras dan lunak

i jika terjadi pemadaman listrik mendadak.





Gambar 15 Uninterruptible Power Supply

## 2.10 Genset

Genset atau generator adalah alat yang menghasilkan tenaga listrik melalui proses konversi dari tenaga mekanik. Penggunaan genset saat ini sangat bermanfaat, baik dalam sektor industri maupun untuk kebutuhan rumah tangga. Dalam konteks industri, genset berfungsi sebagai alternatif sumber listrik yang biasanya disediakan oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara). Karena pemadaman listrik bisa terjadi kapan saja dan di mana saja, genset menjadi solusi yang efektif dan dapat diandalkan. Kehadiran genset menjadi penting dalam berbagai sektor, seperti industri, perkantoran, perusahaan, dan pabrik.

Genset memiliki berbagai manfaat dan fungsi. Dengan memanfaatkan mesin pengubah energi ini secara maksimal, dapat memberikan fungsi yang luar biasa yang dapat digunakan sebagai pendorong untuk melakukan aktivitas sehari-hari tanpa terganggu oleh pemadaman listrik dari PLN. Tidak ada alasan bagi siapa pun untuk tidak menggunakan pembangkit listrik jenis ini. Dengan harga yang terjangkau dan kemudahan yang ditawarkan, genset menjadi barang yang sangat penting untuk dimiliki oleh siapa saja dalam mengatasi masalah pemadaman listrik. Bahan bakar untuk genset dapat dipilih berdasarkan apa yang tersedia di sekitar, seperti solar, bensin, atau bahkan air. Penggunaan bensin dan solar cenderung memiliki dampak negatif karena dapat menghasilkan gas karbon dioksida yang berpotensi mencemari lingkungan. Sebaliknya, penggunaan air sebagai bahan bakar genset adalah solusi terbaik karena tidak



solusi udara.

manfaatkan sumber daya alam, kita tidak boleh melupakan pentingnya lingkungan. Sementara itu, optimalisasi sumber daya alam yang disesuaikan

dengan kebutuhan industri juga perlu ditingkatkan untuk menghemat energi atau sumber daya alam dan mencegah kepunahan sumber daya alam. Tidak bisa dipungkiri bahwa kemajuan teknologi adalah kebutuhan dasar yang diharapkan dapat mengatasi ancaman kepunahan sumber daya alam.

Terdapat dua jenis genset yang dikenal secara luas yaitu

#### 1. Genset *Open Type*

Genset tipe terbuka, seperti namanya, adalah jenis genset yang tidak memiliki box atau kanopi. Genset ini biasanya digunakan oleh mereka yang memiliki *power house* sendiri dan ruangan khusus yang kedap suara untuk menempatkan genset di dalam ruangan atau gedung. Keuntungan dari genset tipe terbuka ini adalah dapat digunakan secara paralel atau sinkron dengan beberapa unit genset lainnya. Karena bersifat terbuka tanpa box atau kanopi, genset ini lebih mudah dalam perawatannya.

Genset tipe terbuka dirancang untuk siap digunakan dan dilengkapi dengan panel kontrol yang mudah dibaca, tangki solar, dan knalpot yang sudah terpasang langsung pada mesin. Pengguna hanya perlu memasang selang ke tangki solar, memeriksa kondisi air radiator, oli mesin, dan kabel beban di terminal genset.

Genset tipe terbuka memiliki beberapa kekurangan, seperti ukurannya yang besar yang memerlukan ruang khusus yang kedap suara untuk penempatannya. Di dalam ruang tersebut, pengguna juga harus memastikan sirkulasi udara yang baik karena gas karbon dioksida yang dihasilkan oleh knalpot mesin genset harus dapat keluar dari ruangan. Genset tipe terbuka sangat sesuai untuk penggunaan industri, tetapi kurang cocok untuk penggunaan rumah tangga, kecuali jika rumah tersebut sangat besar.



Gambar 16 Genset Open Type



## 2. Genset *Silent Type*

Genset tipe silent adalah jenis genset yang dilengkapi dengan kanopi atau casing berbentuk segi empat yang terbuat dari plat besi dan dilapisi dengan busa peredam suara yang tahan api. Lapisan ini berfungsi untuk meredam kebisingan yang dihasilkan oleh mesin genset. Genset tipe silent pada dasarnya adalah pengembangan dari genset tipe terbuka. Meski demikian, kemampuannya sama dengan genset tipe terbuka karena pada intinya, genset tipe silent adalah genset tipe terbuka yang diberi casing atau rumah yang kedap suara.

Dengan adanya casing, kebisingan dari genset tipe terbuka dapat dikurangi karena telah difilter oleh casing khusus tersebut, sehingga genset tersebut sekarang dikenal sebagai genset tipe silent. Kemampuan genset tipe silent dalam meredam suara membuatnya menjadi pilihan bagi konsumen yang memiliki ruangan dengan keterbatasan untuk menempatkan genset.

Genset tipe silent dapat ditempatkan di area terbuka seperti halaman rumah, kantor, atau pabrik tanpa perlu khawatir tentang polusi suara yang dihasilkan saat genset beroperasi. Selain itu, genset tipe silent juga mudah dipindahkan, terutama jika ditempatkan pada trailer beroda khusus (Aribowo *et. al.*, 2020)



Gambar 17 Genset Silent Type

Generator set adalah alat yang terdiri dari kombinasi dua perangkat berbeda, yaitu generator atau alternator. Mesin berfungsi sebagai perangkat pemutar, generator atau alternator berfungsi untuk menghasilkan listrik. Meski konfigurasi komponen listrik dan desainnya dapat berbeda-beda, tergantung lainnya.



Tabel 4 Komponen Mesin Genset

No	Komponen Mesin Genset	Keterangan
1.	Motor	Motor adalah sumber tenaga mekanis untuk generator.
2.	Alternator	Komponen dari genset yang bertugas untuk mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik.
3.	Sistem Bahan Bakar	Tangki bahan bakar pada genset biasanya memiliki kapasitas yang diatur untuk dapat beroperasi sekitar 6 hingga 8 jam. Namun, jika digunakan untuk keperluan komersial, diperlukan penambahan tangki eksternal agar genset dapat beroperasi lebih lama.
4.	Pengaturan Tegangan	Komponen ini memiliki fungsi untuk mengendalikan tegangan output dari generator.
5.	Sistem Pendingin	Jika generator digunakan dalam jangka waktu yang panjang, berbagai komponennya dapat menjadi panas. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin yang bertugas menjaga stabilitas suhu komponen selama operasi. Sementara itu, saluran pembuangan uap berfungsi untuk menghilangkan residu pembakaran dari bahan bakar generator.
6.	Sistem Pelumas	Genset, yang terdiri dari berbagai mesin yang berputar di tempatnya, memerlukan pelumas untuk menjaga keawetan mesin dan memastikan gerakan yang lebih lancar, bahkan saat digunakan dalam jangka waktu yang panjang.
7.	Papan pengontrol	Papan ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengendalikan operasi setiap komponen dalam set generator, sehingga penggunaan dapat disesuaikan dengan kebutuhan.



No	Komponen Mesin	Keterangan
8.	Frame Generator Set	Frame berfungsi sebagai tempat atau kontainer yang dirancang untuk memudahkan operasional.

## 2.11 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) adalah kombinasi dari energi terbarukan dan energi konvensional. Tujuan dari PLTH adalah untuk menciptakan pembangkit listrik yang lebih efisien, efektif, dan dapat diandalkan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Sistem pembangkit listrik tenaga hibrid memiliki tiga konfigurasi dasar, yaitu

### a) *Series Hybrid System*

Sistem Hibrid Seri mensuplai daya DC ke baterai. Untuk memastikan operasi yang dapat diandalkan, setiap komponen dilengkapi dengan pengendali pengisian (charge controller) sendiri. Generator dan inverter dalam sistem ini dirancang untuk dapat menangani beban puncak.

### b) *Parallel Hybrid System*

Dalam konfigurasi paralel, generator dan penyimpanan atau bank baterai menyediakan beban secara paralel. Sistem hibrid paralel ini menggunakan inverter dua arah (BDI). BDI berfungsi untuk mengubah sumber listrik DC menjadi AC dan sebaliknya (rectifier), serta dapat digunakan sebagai pengisi daya.

### c) *Switched Hybrid System*

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) yang tersaklar ini, genset dan inverter dapat berfungsi sebagai sumber AC, sedangkan genset dan sumber energi terbarukan dapat digunakan untuk mengisi baterai. Dalam sistem ini, beban dapat langsung diberi suplai oleh genset, yang meningkatkan efisiensi total. Kelebihan daya dari genset dapat digunakan untuk mengisi baterai (Azizah *et. al.*, 2021)





Gambar 18 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid

## 2.12 HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables)

*HOMER Energy* adalah perusahaan terkemuka dalam pembuatan perangkat lunak untuk pemodelan microgrid. Perangkat lunak microgrid mereka, *HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables)*, adalah alat yang populer untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Hibrida (PLH) yang memanfaatkan energi terbarukan. HOMER mampu mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik, baik yang berdiri sendiri (*off grid*) maupun yang terhubung ke jaringan (*on-grid*). Sistem ini bisa terdiri dari kombinasi berbagai jenis pembangkit listrik, seperti turbin angin, photovoltaic, mikrohidro, biomassa, generator (diesel/bensin), microturbine, fuel cell, baterai, dan penyimpanan hidrogen, untuk melayani beban listrik dan termal (Septiyanto, 2023).

## 2.13 State of Art

No	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Ahmed, <i>et.al.</i> 2023	Evaluasi Kelayakan dan Tekno-Ekonomi Hibrida Sistem Fotovoltaik: Pusat Layanan Kesehatan Pedesaan di Bangladesh	Kuantitatif	Sistem jaringan listrik / PV / generator merupakan kombinasi terbaik dengan biaya bersih sekarang terendah, karena biaya produksi listrik dari sistem yang diteliti adalah \$0,06/kWh; ini jauh lebih rendah dibandingkan rata-rata biaya per unit saat ini sebesar \$0,092 di Bangladesh. Selain itu, biaya bersih saat ini sebesar \$28.705 dan biaya listrik per kWh yang diratakan sebesar \$0,02738



No	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Tambunan , William Dwianugr ah, <i>et.al.</i> 2021	Analisis Potensi Penggunaan Sumber Energi Listrik Di Rumah Sakit Medika Dramaga Bogor	Kuantitatif	Berdasarkan simulasi dan data yang digunakan rata-rata daya yang harus disuplai oleh pembangkit ini adalah sebesar 2.258 kWh per hari dengan beban puncak sebesar 153 kW. Hasil yang paling berpotensi pada homer menunjukkan konfigurasi yang paling berpotensi yaitu PV-Grid-Inverter. Karena memiliki nilai NPC yang paling rendah yaitu \$65.832. Jika adanya pemasangan PV yang lebih banyak lagi guna untuk menghasilkan daya yang lebih besar lagi, sehingga kedepannya sistem dapat memenuhi kebutuhannya sendiri tanpa adanya bantuan grid

