

SKRIPSI

**PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK HEMAT ENERGI PADA VILLA
PAS**

Disusun dan diajukan oleh

SYARWAN SYIRAID

D411 16 309



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

**PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK HEMAT ENERGI PADA VILLA
PAS**

Disusun dan diajukan oleh

SYARWAN SYIRAID

D411 16 309



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK HEMAT ENERGI PADA VILLA
PAS**

Disusun dan diajukan oleh:

SYARWAN SYIRAID

D411 16 309

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 16 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

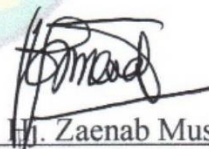
Menyetujui

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU
NIP. 19671231 199202 1 001



Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T.
NIP. 19660201 199202 2 002

Ketua Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP. 19691026 199412 2 001

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK HEMAT ENERGI PADA VILLA PAS

Oleh:


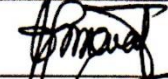
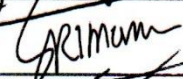
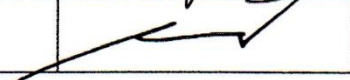
SYARWAN SYIRAID

D411 16 309



Skripsi ini telah dipertahankan pada Ujian Akhir Sarjana pada tanggal 16 Agustus 2022

Telah dilakukan perbaikan penulisan dan isi skripsi berdasarkan usulan dari
penguji dan pembimbing skripsi.

Persetujuan perbaikan oleh dosen penguji:

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU.	
Sekretaris	Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T.	
Anggota	Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, M.T.	
	Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D.	

Persetujuan perbaikan oleh dosen pembimbing:

Pembimbing	Nama	Tanda Tangan
1	Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU.	
2	Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T.	

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syarwan Syiraid

NIM : D411 16 309

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

PERANCANGAN INSTALASI LISTRIK HEMAT ENERGI PADA VILLA PAS

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.

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

Makassar, 19 Agustus 2022

Yang menyatakan tanda tangan



Syarwan Syiraid

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Instalasi Listrik Hemat Energi Pada Villa PAS”.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi strata satu pada Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak luput dari hambatan dan rintangan. Namun berkat bantuan dan bimbingan secara moril maupun materi dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

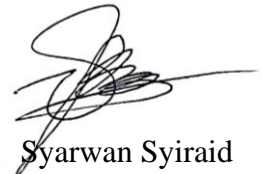
Oleh karena itu, dengan segala hormat perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua dan saudara-saudara saya tercinta, serta seluruh keluarga atas segala doa, bantuan, nasehat, dan motivasinya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU, ASEAN.Eng, dan Ibu Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T. selaku pembimbing I dan II yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, dan saran selama menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, M.T., dan Bapak Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D. selaku penguji yang telah banyak memberikan kritikan dan saran guna perbaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5. Bapak/Ibu dosen dan staff Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu yang tidak terbatas selama kuliah dan membantu untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh teman-teman EXCITER 2016 yang selalu memberikan bantuan, semangat, motivasi dan kebersamaannya selama ini.
7. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala bantuan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan

Makassar, 19 Agustus 2022



Syarwan Syiraid

ABSTRAK

Energi matahari memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Tetapi pemanfaatannya dari sumber daya energi listrik dan teknologi masih belum berkembang dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem PLTS *hybrid* pada atap Villa PAS serta menentukan spesifikasi dan kapasitas dari komponen penyusun dari sistem PLTS *hybrid* dan Merancang prototipe tirai otomatis berbasis mikrokontroler *arduino uno*. Analisis teknis dilakukan dengan menghitung daya yang dibangkitkan PLTS serta jumlah dari suatu komponen listrik yang dibutuhkan, kemudian mendesain rancangan menggunakan *software* SketchUp. Berdasarkan hasil penelitian ini, besar daya yang dibangkitkan oleh PLTS yaitu 3.148 Wp. Dengan jumlah panel sebanyak 16 buah, *inverter* 1 buah, dan baterai 26 buah. Spesifikasi komponen penyusun PLTS *hybrid* menggunakan panel tipe monokristalin dengan kapasitas 200 Wp, dengan *inverter hybrid* 3500 W, dan menggunakan baterai dengan kapasitas 12 V 100 Ah. Hasil rancangan prototipe tirai otomatis menggunakan komponen *arduino uno*, sensor BH1750, dan motor *servo* yang dapat membuka dan menutup secara otomatis dengan 3 kondisi yaitu tirai terbuka, tirai terbuka setengah, dan tirai tertutup.

Kata Kunci : PLTS *hybrid*, Monokristalin, Tirai Otomatis

ABSTRACT

Solar energy has many benefits for human life. However, the utilization of electrical energy resources and technology is still not well developed. This study aims to design a PLTS hybrid system on the roof of Villa PAS and determine the specifications and capacities of the constituent components of the PLTS hybrid system and design a prototype arduino uno microcontroller based automatic curtain. Technical analysis is carried out by calculating the power generated by the PLTS and the amount of an electrical component needed, then designing the design using SketchUp software. Based on the results of this study, the power generated by PLTS is 3.148 Wp. With a total of 16 panels, inverter, and 26 batteries. The specifications for the components of the hybrid solar power plant use a monocrystalline type panel with a capacity of 200 Wp, with 3500 W hybrid inverter, and use a battery with a capacity of 12 V 100 Ah. The results of the prototype automatic curtain design using Arduino Uno components, BH1750, sensors and servo motors that can open and close automatically with 3 conditions, namely open curtains, half open curtains, and closed curtains.

Keywords: PLTS hybrid, Monocrystalline, Automatic Curtain

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	6
2.2 Sistem PLTS	7
2.2.1 <i>Off Grid</i> PLTS	7
2.2.2 <i>On Grid</i> PLTS	9
2.2.3 <i>Hybrid</i> PLTS	10
2.3 Komponen PLTS	11
2.3.1 Sel Surya	11

2.3.2	<i>Inverter</i>	16
2.3.3	Baterai	16
2.4	<i>Arduino Uno</i>	17
2.5	Motor <i>Servo</i>	18
2.6	Sensor BH1750	18
BAB III METEDOLOGI PENELITIAN		20
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2	Pengambilan Data	20
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	20
3.4	Diagram Alur Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.5	Wilayah studi	23
3.6	Survei Pengumpulan Data.....	24
3.6.1	Data Lahan	24
3.6.2	Data Radiasi Matahari.....	25
3.6.3	Data Spesifikasi Komponen PLTS	26
3.7	Desain Perancangan PLTS.....	29
3.8	Perancangan Sistem Gorden Otomatis.....	29
3.8.1	Blok Diagram.....	29
3.8.2	Rangkaian Sensor BH1750.....	30
3.8.3	Rangkaian Motor <i>Servo</i>	31
3.8.4	Rangkaian Hubungan Keseluruhan Sistem Alat	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Analisis Teknik	34
4.1.1	Menghitung Daya yang Dibangkitkan	34
4.1.2	Menentukan Jumlah panel	34
4.1.3	Menentukan Kapasitas Baterai	35
4.1.4	Menentukan Kapasitas <i>Inverter</i>	36
4.2	Desain Perancangan Sistem PLTS	36

4.3	Perancangan Tirai Otomatis.....	40
4.3.1	Instalasi Tirai Otomatis.....	40
4.3.2	Pengujian Rangkaian Sumber Daya.....	40
4.3.3	Pengujian Rangkaian Mikrokontroler <i>Arduino Uno</i>	41
4.3.4	Pengujian Rangkaian Motor <i>Servo</i>	41
4.3.5	Pengujian Rangkaian Sensor BH1750	41
4.3.5	Pengujian Tirai Otomatis	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perbedaan <i>solar thermal</i> dan PLTS.....	6
Gambar 2.2	Skema sistem fotovoltaik mandiri DC.....	8
Gambar 2.3	Skema sistem fotovoltaik mandiri AC.....	9
Gambar 2.4	Skema sistem fotovoltaik <i>on grid</i>	10
Gambar 2.5	Pemodelan sistem <i>hybrid</i> PV-diesel.....	10
Gambar 2.6	Susunan sel surya.....	12
Gambar 2.7	Silikon <i>monocrystalline</i>	13
Gambar 2.8	Silikon <i>polycrystalline</i>	13
Gambar 2.9	Panel <i>thin film</i>	14
Gambar 2.10	<i>Arduino uno</i>	17
Gambar 2.11	Motor <i>servo</i>	18
Gambar 2.12	Sensor BH1750.....	19
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i>	22
Gambar 3.2	Letak Villa PAS.....	23
Gambar 3.3	Foto atap Villa PAS.....	24
Gambar 3.4	Diagram blok sistem.....	30
Gambar 3.5	Hubungan arduino dengan sensor BH1750.....	31
Gambar 3.6	Hubungan arduino dengan motor <i>servo</i>	32
Gambar 3.7	Rangkaian hubungan keseluruhan sistem alat.....	33
Gambar 4.1	Desain rancangan PLTS.....	37
Gambar 4.2	Wiring perancangan desain PLTS.....	38
Gambar 4.3	Blok diagram sistem PLTS <i>hybrid</i>	39
Gambar 4.4	Instalasi tirai otomatis.....	40
Gambar 4.5	Pengujian alat pada saat intensitas cahaya 11 - 450 lux (tirai jendela dalam keadaan terbuka).....	43
Gambar 4.6	Pengujian alat pada saat intensitas cahaya 450 - 1000 lux (tirai jendela dalam keadaan terbuka setengah).....	44
Gambar 4.7	Pengujian alat pada saat intensitas cahaya 10 - 0 lux (tirai jendela dalam keadaan tertutup).....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Daftar alat dan bahan.....	21
Tabel 3.2	Data beban.....	25
Tabel 3.3	Data radiasi matahari (bersumber dari data NASA)	26
Tabel 3.4	Spesifikasi panel surya.....	27
Tabel 3.5	Spesifikasi baterai.....	27
Tabel 3.6	Spesifikasi <i>inverter</i>	28
Tabel 4.1	Pengujian Motor <i>servo</i>	41
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Intensitas cahaya menggunakan Sensor BH1750 berdasarkan waktu.....	42

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A	<i>Ampere</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
AD	<i>Autonom days</i>
Ah	<i>Ampere Hours</i>
ATS	<i>Automatic Transfer Switch</i>
BT	Bujur Timur
C	<i>Celcius</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DE	Total kebutuhan energi harian
DoD	<i>Depth of Discharge</i>
Ed	Konsumsi energi harian
<i>exim</i>	<i>Expor Impor</i>
G	Iradiasi Matahari
GND	<i>Ground</i>
Hz	<i>Hertz</i>
IC	<i>Integrated Circuit</i>
ICSP	<i>In Circuit Serial Programming</i>
<i>Imp</i>	<i>Max Power Current</i>
<i>Isc</i>	<i>Short Circuit Current</i>
ISP	<i>In-System Chip Programming</i>
Kg	Kilogram
kWh	<i>Kilo Watt Hours</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LS	Lintang Selatan
m ²	Meter Persegi
<i>mm</i>	Milimeter
<i>n</i>	Efisiensi
<i>n_p</i>	Efisiensi panel surya kondisi pengukuran lapangan

n_{STC}	Efisiensi <i>Standart Test Condition</i>
P	Daya yang direncanakan
P_c	Daya Modul Surya
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
P_{max}	<i>Max Power</i>
P_n	Kapasitas daya listrik setiap modul surya
PR	<i>Performance Ratio</i>
PV	<i>Photovoltaic</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
SDA	<i>Serial Data</i>
SCL	<i>Serial Clock</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	<i>Voltage</i>
VA	<i>Voltage Ampere</i>
VCC	<i>Coltage Common Collector</i>
VDC	<i>Voltage Direct Current</i>
V_{mp}	<i>Max Power Voltage</i>
V_{oc}	<i>Open Circuit Voltage</i>
V_s	<i>Voltage system</i>
W	<i>Watt</i>
Wh	<i>Watt Hours</i>
W_p	<i>Watt Peak</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi surya adalah energi yang berupa cahaya dan panas dari matahari. Sifat dari energi matahari yang kekal karena tidak akan habis dan pemanfaatannya lebih mudah dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lain. Pemanfaatan dari sumber energi terbarukan harus dikembangkan karena peran dan harga dari energi fosil sendiri selalu meningkat. Salah satu solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan energi matahari. Dengan menggunakan energi matahari sebagai pembangkit listrik didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik dari PLN.

Energi matahari memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia. Mulai dari pencahayaan alami yang mengurangi penggunaan lampu pada siang hari hingga cahaya matahari mampu membuat suasana rumah menjadi lebih nyaman. Hal yang menjadi permasalahan adalah bagaimana caranya agar sinar matahari bisa masuk ke dalam rumah dengan baik. Salah satu cara adalah pembuatan alat pembuka dan penutup tirai jendela secara otomatis. Dengan alat ini diharapkan dapat meningkatkan mobilitas penghuni rumah di era modernisasi dan kenyamanan pemilik rumah.

Villa PAS terletak di Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa. Luas lahan tempat berdirinya villa $\pm 822,6 \text{ m}^2$ yang terdiri dari dua bangunan yaitu bangunan utama dan bangunan kecil. Bangunan Villa PAS menghadap ke utara dan terletak di area perbukitan dengan kontur tanah miring. Villa PAS memiliki desain

bangunan dengan atap luas dan datar serta sekeliling dinding villa terbuat dari kaca. Bentuk villa tersebut berpotensi besar dan mudah untuk dilakukan pemasangan sistem PLTS serta tirai otomatis.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis tertarik membuat penelitian dengan judul “Perancangan Instalasi Listrik Hemat Energi Pada Villa PAS”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang diatas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang suatu sistem PLTS *hybrid* pada atap Villa PAS.
2. Bagaimana menentukan komponen dan kapasitas yang digunakan untuk melakukan perancangan sistem PLTS *hybrid* pada atap Villa PAS.
3. Bagaimana merancang bangun prototipe tirai otomatis berbasis mikrokontroler.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem PLTS *hybrid* pada atap Villa PAS.
2. Menentukan spesifikasi dan kapasitas dari komponen penyusun sistem PLTS *hybrid* pada atap Villa PAS.
3. Merancang prototipe tirai otomatis berbasis mikrokontroler.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai acuan untuk memberikan informasi tentang keuntungan dan keunggulan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai energi alternatif.
2. Menjadi referensi dalam pengambilan rencana pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan terutama pada atap Villa PAS.
3. Menjadi referensi bagi mahasiswa dan peneliti lain untuk memperdalam ilmu dan pengetahuan mengenai sistem pembangkit energi terbarukan.
4. Menjadi acuan desain dalam mengimplementasikan sistem tirai otomatis.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang semakin meluas maka batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan pada permukaan atap Villa PAS.
2. Penelitian ini menggunakan jenis panel surya *monolikristalin*.
3. Penggunaan *software* SketchUp untuk mendesain PLTS pada atap Villa PAS.
4. Tirai otomatis yang dirancang dalam bentuk prototipe.
5. Mikrokontroler yang digunakan *Arduino Uno*.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur

Studi literatur yakni sebuah kajian yang dilakukan oleh penulis sebagai referensi dari penulisan ini yang berupa buku, jurnal ilmiah, maupun media lainnya.

2. Pengamatan di lapangan

Dilakukan dengan survei langsung ke lapangan untuk melakukan pengamatan

secara langsung.

3. Pengumpulan Data

Dilakukan pengumpulan data yang dilakukan dengan pengukuran langsung dan data intensitas cahaya matahari dari situs NASA.

4. Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah yakni menghitung daya keluaran PLTS.

5. Perancangan sistem

Merupakan tahap merancang sistem PLTS dan tirai otomatis.

6. Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh setelah analisis data dan perancangan sistem selesai.

Kesimpulan ini merupakan hasil akhir dari semua masalah yang dibahas.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini yaitu:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bab yang berisi tentang uraian dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori penunjang dan literatur/referensi terkait PLTS dan metode yang digunakan dalam perhitungan daya keluaran serta tirai otomatis.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi data dan metode yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisis data serta desain perancangan sistem yang diperoleh selama penelitian berlangsung.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

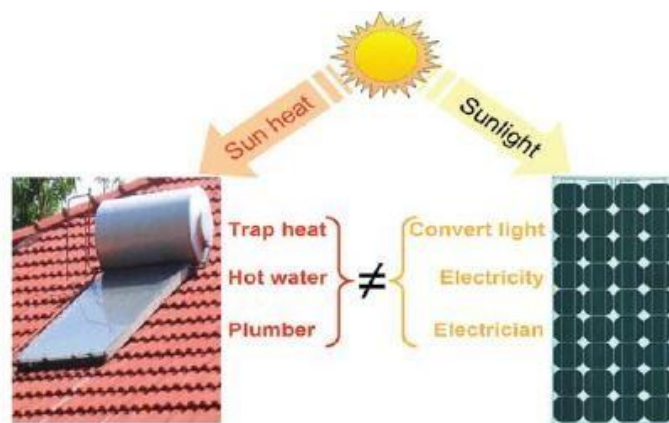
Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang dapat diambil dalam melakukan penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memanfaatkan cahaya matahari. PLTS mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Energi matahari pada dasarnya memiliki dua bentuk, yaitu energi panas dan cahaya. Dua bentuk energi matahari tersebut dibagi menjadi dua sistem (*solar thermal* dan PLTS). Sistem *solar thermal* memanfaatkan energi panas matahari sebagai pemanas air, sedangkan PLTS mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Modul fotovoltaik (PV) menghasilkan listrik searah atau *direct current* (DC) jika terkena cahaya matahari. Listrik DC akan dikonversi menjadi listrik bolak-balik atau *alternating current* (AC) oleh inverter agar dapat melayani beban AC. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 [1].



Gambar 2.1 Perbedaan *solar thermal* dan PLTS [1].

PLTS menjadi solusi bagi pembangkit listrik konvensional yang tidak ramah lingkungan. Besar energi listrik yang dihasilkan modul fotovoltaik dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu besar iradiasi matahari, suhu, dan bayangan yang mengenai modul. Besarnya iradiasi matahari dipengaruhi oleh letak geografis, semakin besar iradiasi yang diterima modul fotovoltaik maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Berbeda dengan besar iradiasi matahari, besar suhu sekitar modul fotovoltaik yang tinggi akan menghasilkan listrik yang kecil. Faktor bayangan yang mengenai modul fotovoltaik akan mempengaruhi listrik yang dihasilkan. Karena modul fotovoltaik yang terbuat dari bahan semikonduktor (sel surya) yang dirangkai seri akan membuat energi yang dihasilkan terganggu [1].

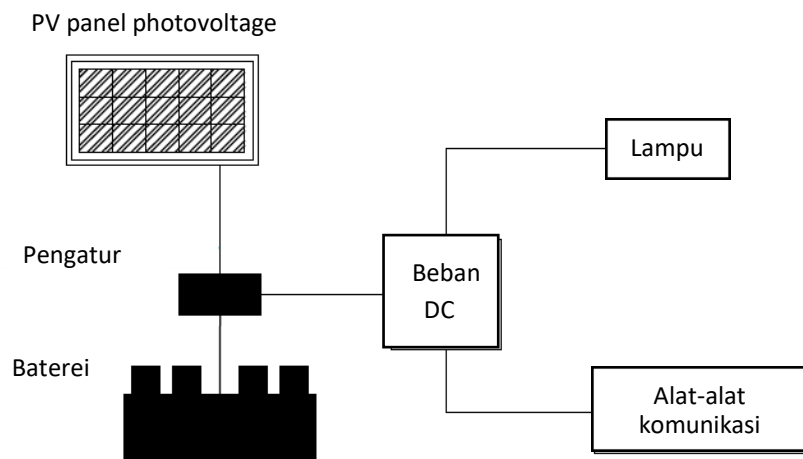
2.2 Sistem PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada umumnya memiliki tiga sistem yaitu *Off Grid* PLTS, *On Grid* PLTS, dan *Hybrid* PLTS. Dalam penggunaan ketiga sistem tersebut disesuaikan dengan situasi dan kondisi tempat pemasangan PLTS, termasuk besarnya investasi.

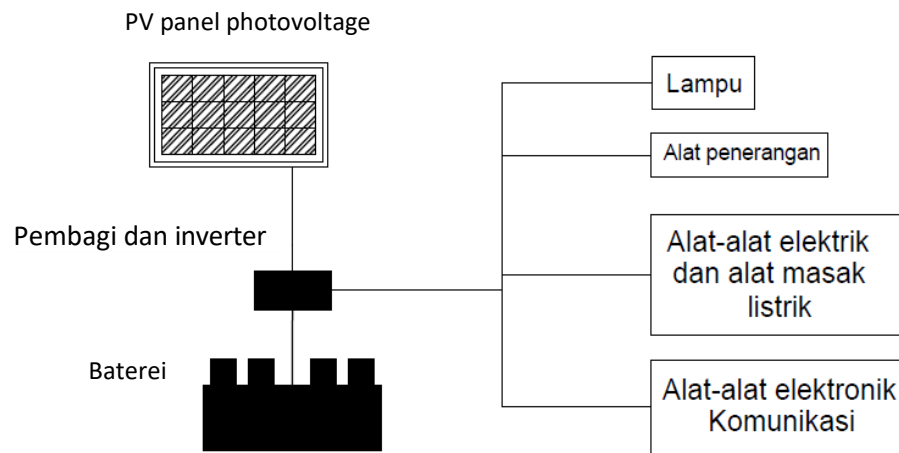
2.2.1 *Off Grid* PLTS

Sistem *Off Grid* PLTS adalah jenis sistem PLTS yang dirancang untuk beroperasi untuk menghasilkan energi listrik secara mandiri. *Off Grid* PLTS biasa juga disebut *Stand Alone Photovoltaic System* yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya memanfaatkan energi dari matahari. Energi listrik yang dihasilkan oleh PV dipengaruhi oleh kapasitas modul PV dan cahaya matahari. Terdapat 2 Jenis konfigurasi *Off Grid* Sistem terdiri dari fotovoltaik mandiri DC dan fotovoltaik

mandiri AC. Fotovoltaik mandiri DC hanya melayani beban DC. Sedangkan sistem fotovoltaik mandiri AC melayani beban listrik AC sehingga membutuhkan komponen tambahan berupa inverter untuk merubah listrik DC menjadi listrik AC. Komponen pengatur beban juga dibutuhkan untuk mengkoordinasi listrik yang digunakan untuk melayani beban dan disimpan di baterai jika mengalami kelebihan. Bentuk sistem *Off Grid* PLTS dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 [2].



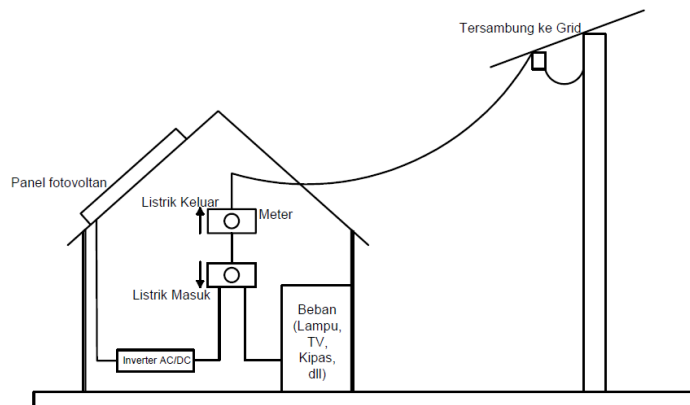
Gambar 2.2 Skema sistem fotovoltaik mandiri DC [2].



Gambar 2.3 Skema sistem fotovoltaiik mandiri AC [2].

2.2.2 *On Grid* PLTS

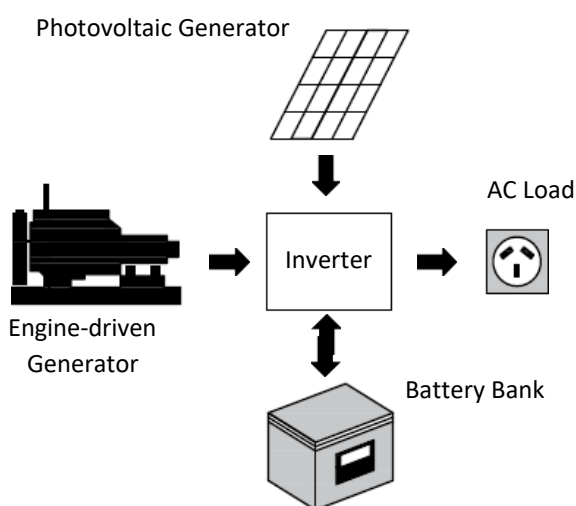
On Grid PLTS atau *grid-nonnected* merupakan sistem PLTS yang hanya menghasilkan listrik ketika terdapat listrik dari PLN. Dalam sistem ini baterai merupakan hal yang tidak wajib. Komponen utama dari sistem *On Grid* PLTS adalah inverter *grid tie* dan kWh meter *exim*. Sistem ini hanya efisien menghasilkan listrik pada siang hari saat cahaya matahari muncul sedangkan pada malam hari dimana tidak ada cahaya matahari maka digunakan listrik PLN. Sistem ini dapat menghemat biaya penggunaan listrik. Bentuk sistem *On Grid* PLTS dapat dilihat pada Gambar 2.4 [2].



Gambar 2.4 Skema sistem fotovoltaik *on grid* [2].

2.2.3 Hybrid PLTS

Sistem *Hybrid* PLTS adalah penggabungan dari dua atau lebih sumber yang berbeda. Umumnya sistem *Hybrid* memanfaatkan sumber energi baru terbarukan. Baterai termasuk komponen penting dalam sistem ini yaitu sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang dihasilkan. Sistem ini cocok digunakan sebagai pembangkit alternatif pada wilayah yang belum dijangkau jaringan listrik PLN. Bentuk sistem *Hybrid* PLTS dapat dilihat pada Gambar 2.5 [2].



Gambar 2.5 Pemodelan sistem *hybrid* PV-diesel [2].

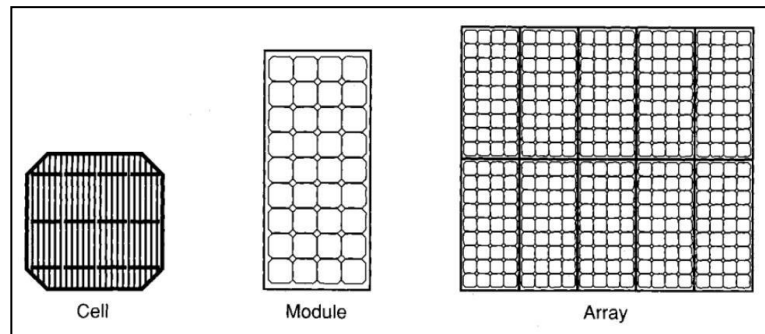
2.3 Komponen PLTS

Komponen - komponen yang diperlukan dalam suatu sistem PLTS adalah sebagai berikut.

2.3.1 Sel Surya

Sel surya adalah alat yang digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Ketika panel sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor menerima cahaya matahari, elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik searah (DC). Peristiwa ini disebut *photo-electric effect*. Bahan semikonduktor ini terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan positif (tipe-P) dan lapisan negatif (tipe-N). Jika cahaya sinar matahari mengenai panel sel surya, maka elektron dan *hole* akan timbul disekitar *pn junction*. Elektron-elektron akan bergerak ke lapisan p dan *hole-hole* akan bergerak menuju lapisan n. Peristiwa elektron-elektron dan *hole-hole* melintasi *pn junction* menimbulkan beda potensial pada kedua ujung sel surya. Sel surya menghasilkan arus listrik searah yang digunakan untuk mengisi baterai [3].

Kumpulan dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri atau paralel disebut dengan panel surya. Sebuah panel surya umumnya terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung dari ukuran panel surya yang digunakan. Gabungan dari beberapa panel surya akan membentuk suatu *array* sel surya. Susunan sel surya dapat dilihat pada Gambar 2.6 [4].



Gambar 2.6 Susunan sel surya [4].

Pada umumnya, panel sel surya terbagi menjadi tiga jenis yaitu tipe *polikristalin*, *monokristalin*, dan *thin-film*.

1. Panel Monokristalin

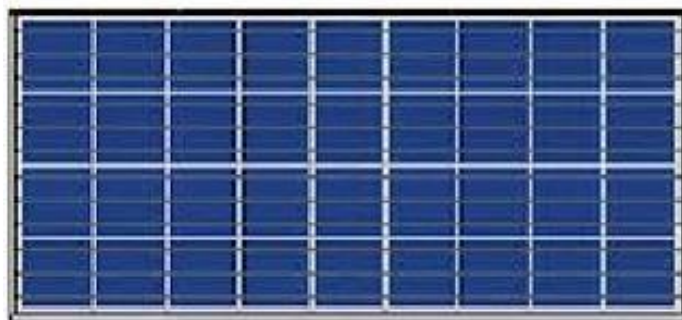
Panel Monokristalin terbuat dari kristal silikon murni yang tipis. sehingga efisiensi yang dihasilkan tinggi karena setiap potongan memiliki karakteristik yang identik dan berkinerja tinggi. Panel monokristalin memiliki efisiensi paling tinggi sekitar 15-20 %. Panel monokristalin efektif menghasilkan energi listrik pada tingkat penyinaran matahari yang tinggi yang menyebabkan modul surya ini dirancang mampu bertahan di tempat yang beriklim ekstrim. Kelemahan dari panel monokristalin adalah harga yang mahal disebabkan terbuat dari bahan silikon murni dan teknologi yang digunakan. Bentuk Silikon Monokristalin berbetuk segi enam atau bulat yang disusun pada modul surya. Sehingga pada panel monokristalin menyisakan banyak ruang kosong. Berikut panel monokristalin dapat dilihat pada Gambar 2.7 [5].



Gambar 2.7 Silikon monokristalin [5].

2. Panel Polikristalin

Panel polikristalin memiliki tingkat kemurnian silikon dibawah panel monokristalin. Tingkat efesiensi untuk panel polikristalin adalah sekitar 13-16%. Kelebihan tipe polikristalin adalah panel surya masih dapat mengkonversikan energi yang lebih tinggi pada kondisi cuaca yang. Proses pembuatannya lebih mudah dan harganya lebih murah dibandingkan dengan tipe monokristalin. Jenis polikrsitalin inilah yang paling banyak digunakan. Jenis panel polikristalin banyak digunakan karena memiliki harga yang lebih murah dibanding panel monokristalin. Tampilan fisik silikon polikristalin membentuk persegi yang disusun rapat sehingga tidak ada ruang kosong seperti pada panel monokristalin. Berikut panel polikristalin dapat dilihat pada Gambar 2.8 [5].



Gambar 2.8 Silikon polikristalin [5].

3. Panel *Thin-Film* Photovoltaic

Panel *thin-film* berbeda dengan dengan jenis monokristalin dan polikristalin. Jenis sel surya ini memiliki lapisan silikon yang tipis yang diletakkan pada material dasar seperti logam atau kaca. Karena sel surya ini sangat tipis sehingga memiliki sifat fliksibel dan sangat ringan. Panel *thin-film* memiliki tingkat efisiensi terkecil dibanding kedua jenis panel lainnya. Efisiensi Panel *thin-film* dipengaruhi oleh bahan pembuatannya. Kelebihan panel jenis ini memiliki bentuk yang ringan, tipis dan fleksibel sehingga dapat ditempatkan dimana saja serta memiliki harga yang lebih terjangkau. Berikut panel *thin-film* dapat dilihat pada Gambar 2.9 [5].



Gambar 2.9 Panel *thin film* [5].

Penentuan kapasitas array ditentukan oleh keseimbangan antara daya yang dihasilkan dan daya yang disuplai ke beban. Intensitas radiasi surya serta energi beban tidak tetap dan perubahan ini akan diatasi oleh baterai untuk mencegah kelebihan dan kekurangan daya dari array [6].

Untuk menentukan daya yang dibangkitkan panel surya dapat menggunakan persamaan [7]:

$$P_c = \frac{DE}{PR \times G} \quad (2.1)$$

dimana:

P_c = Daya Modul Surya (Wp)

DE = Total kebutuhan energi harian (Wh/hari)

PR = Performance rasio PV

G = Irradiasi Matahari (kWh/m²)

Menentukan jumlah panel yang digunakan dapat dihitung dengan persamaan [7]:

$$n = \frac{P}{P_n} \quad (2.2)$$

dimana:

P = Daya yang direncanakan (Wp)

P_n = Kapasitas daya listrik setiap modul surya (Wp)

Untuk menentukan *performance ratio* panel surya dapat menggunakan persamaan [8]

$$PR = \frac{n_p}{n_{STC}} \quad (2.3)$$

$$n_p = \frac{p}{G \times A} \quad (2.4)$$

Dimana:

PR = *Performance ratio*

n_p = Efisiensi konversi panel surya kondisi pengukuran lapangan (%)

n_{STC} (*Standart Test Condition*) = efisiensi panel tertera pada spesifikasi (%)

P = Daya keluaran panel surya (Wp)

G = Radiasi matahari (W/m²)

A = Luas panel surya (m²)

2.3.2 Inverter

Inverter merupakan peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus listrik bolak-balik (AC). *Inverter* mampu menghasilkan tegangan keluaran yang tetap atau variabel dengan frekuensi yang tetap atau variabel pula. Tegangan keluaran variabel dapat ditentukan dengan mengubah tegangan masukannya, dimana dalam hal ini penguatan dari *inverter* dijaga untuk tetap konstan. Beberapa *inverter* memiliki konsep MPPT (*Maximum Power Point Tracking*), teknologi ini membuat *inverter* mampu menghasilkan daya output yang maksimal dengan cara menaikkan tegangan input menjadi titik tertinggi [9].

2.3.3 Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian digunakan di malam hari dan pada saat cuaca mendung. Baterai digunakan sebagai penyimpanan energi sementara (*buffer*) untuk mengatasi perbedaan antara listrik yang dihasilkan modul fotovoltaik dengan permintaan listrik. Baterai mampu menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul fotovoltaik melalui reaksi elektrokimia. Komponen ini sangat rentan jika tidak diperlakukan dengan baik. Jika penggunaannya tidak tepat dapat terjadi pengurangan umur baterai, berkurangnya energi, kerusakan, hingga dapat berbaya bagi keselamatan. Jenis baterai yang paling umum digunakan yaitu Baterai *lead-acid* karena memiliki umur pemakaian yang lama, mudah digunakan, dan biaya yang relatif murah [10].

Kapasitas baterai dapat diperoleh dengan persamaan [9]:

$$C = \frac{E_d \times AD}{DoD \times V_s} \quad (2.3)$$

dimana :

C = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

E_d = Konsumsi energi harian (Wh)

AD = Autonom days (hari otonomi)

DoD = Kedalaman kapasitas yang dapat diambil dari baterai

V_s = Tegangan sistem

2.4 *Arduino Uno*

Arduino Uno merupakan mikrokontroler yang berbasis *Atmega328*. *Arduino Uno* memiliki 14 pin digital *input/output* dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai *output PWM* dan 6 pin *input analog*, sebuah resonator keramik 16 MHz, koneksi *USB*, colokan *power input*, *ICSP header*, dan tombol reset. Untuk menjalankan *board arduino uno* cukup dengan menggunakan kabel *USB* yang terhubung dengan komputer atau menggunakan adaptor DC 5 volt. Setiap pin pada *arduino* dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA. Berikut gambar *Arduino Uno* dapat dilihat pada Gambar 2.10 [11].



Gambar 2.10 *Arduino uno* [11].

2.5 Motor Servo

Motor *servo* merupakan lisrik dengan menggunakan sistem *closed loop*. Sistem *closed loop* digunakan pada motor listrik untuk mengendalikan kecepatan dan akselerasi dengan akurasi tinggi. Motor *servo* pada umumnya terdiri dari tiga komponen utama yaitu : motor, sistem kontrol, potensiometer atau *encoder*. Motor berfungsi sebagai penggerak roda gigi agar dapat memutar potensiometer dan poros *output* secara bersamaan. Potensiometer memiliki fungsi sebagai sensor yang akan memberikan sinyal umpan balik ke sistem kontrol untuk menentukan posisi yang diinginkan. Berikut gambar motor *servo* dapat dilihat pada Gambar 2.11 [12].

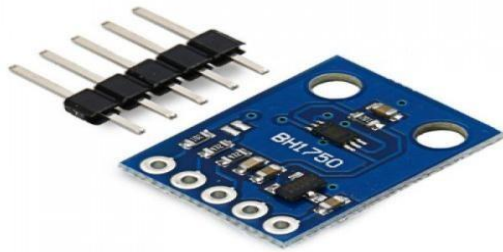


Gambar 2.11 Motor *Servo* [12].

2.6 Sensor BH1750

Sensor BH1750 adalah sebuah IC sensor yang digunakan untuk mengukur perubahan intensitas cahaya dalam ukuran atau satuan lux. Modul sensor BH1750 merupakan sensor cahaya digital yang memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Sensor BH1750 memiliki nilai akurasi tinggi dan lebih mudah digunakan dibandingkan sensor lain seperti foto dioda dan

LDR yang memiliki keluaran sinyal analog. Berikut Sensor BH1750 dapat dilihat pada Gambar 2.12 [13].



Gambar 2.12 Sensor BH1750 [13].