

**DESAIN SISTEM ENERGI ELEKTRIK UNTUK BENGKEL-SERVICE-
RINGAN BERBASISKAN BUILDING INTEGRATED PHOVOLTAIC
(BIPV)**



DISUSUN OLEH:

ILHAM HASAN

10582 1641 15

IBRAHIM

10582 1522 15

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019

**DESAIN SISTEM ENERGI ELEKTRIK UNTUK BENGKEL-SERVICE-RINGAN
BERBASISKAN BUILDING INTEGRATED PHOVOLTAIC (BIPV)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana
Program Studi Teknik Listrik
Jurusan Elektro Fakultas Teknik*

Disusun Dan Diajukan Oleh

ILHAM HASAN

10582 1641 15

IBRAHIM

10582 1522 15

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

MAKASSAR

2019



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **DESAIN SISTEM ENERGI ELEKTRIK UNTUK BENGKEL-SERVICE-RINGAN BERBASISKAN BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)**

Nama : 1. Ilham Hasan
2. Ibrahim

Stambuk : 1. 10582 1641 15
2. 10582 1522 15

Makassar, 19 Juni 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II


Rizal Ahdiyati Duyo, S.T.,M.T


Andi Faharuddin, S.T.,M.T
NIP.132169986

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



Adriani, S.T., M.T.
NBM : 1044 202



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama Ilham Hasan dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1641 15 dan Ibrahim dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1522 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 17 Juni 2019.

Makassar, 15 Syawal 1440 H

19 Juni 2019 M

Panelitia Ujian :

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T.

Penguji

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Zufajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekretaris : Suryani, S.T., M.T.

Anggota : 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

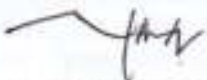
2. Antarisubhi, S.T., M.T.

3. Ir. Abdul Hafid, M.T.

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II


Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T.


Andi Faharuddin, S.T., M.T.
 NIP.132169986

Dekan




Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T., IPM

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah :

“DESAIN SISTEM ENERGI ELEKTRIK UNTUK BENGKEL-SERVICE-RINGAN BERBASISKAN BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Hamzah Al Imran, S.T.,M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Adriani,S.T, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak. Rizal Ahdiyut Duyo, S.T.,M.T, selaku Pembimbing I dan Bapak Andi Faharuddin, S.T.,M.T. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan REAKSI 2015 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, Serta kerabat kerja Ikatan Mahasiswa Muslim Ende Barat Flores-Makassar (IMMEB-FM).

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amin.

Makassar, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
Aatar Belakang	1
B.Rumusan Masalah	3
C.Tujuan Penelitian.....	3
D.Batasan Masalah	3
E.Manfaat Penelitian.....	3
F.Sistematika Penulisan	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pendahuluan.....	6
B. Prinsip Dasar dalam Desain Sistem Fotovoltaik.....	7
C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	8
D. Sel surya	8
a. Struktur Sel Surya	11
1. Substrat/ <i>Mbbking</i>	11
2. Material semikonduktor	12
3. Kontak metal / <i>contact grid</i>	13

4. Lapisan antireflektif.....	13
5. <i>Enkapsulasi / cover glass</i>	13
b. Cara kerja sel surya	13
E. Komponen-komponen PLTS	15
1. Panel (Modul) Surya	15
2. Temperatur.....	16
3. Intensitas Cahaya Matahari.....	18
4. Orientasi Panel Surya (<i>Array</i>).....	18
5. Sudut Kemiringan Panel Surya (<i>Array</i>).....	19
F. Kontrol Pengisian Baterai (Solar Charge Controller).....	19
G. Baterai (Battery/Accumulator).....	21
H. Inverter.....	21
1. Input.....	22
2. Pengubah.....	22
3. Filter (Penyaring).....	23
4. Penguat.....	24
5. Output	24
6. Ukuran Inverter.....	25
I. Kapasitas Komponen PLTS.....	25
1. Jumlah Panel Surya.....	25
2. Menghitung Area <i>Array (PV Array)</i>	26
3. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (<i>Watt Peak</i>)	26
4. Kapasitas Baterai.....	27
5. Kapasitas Inverter.....	29
6. Kabel Distribusi.....	30

J. Pemilihan Beban yang digunakan.....	31
1. Kompresor	31
2. <i>Charger Battery</i>	33
3. <i>Dasar-Dasar Kotak Penggabung</i>	34
4. <i>Komponen Listrik di Dalam Kotak Penggabung</i>	36
BAB III.....	37
METODE PENELITIAN.....	37
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
B. Data (Parameter) dan Variabel Penelitian.....	37
a. Data (Parameter)	37
b. Variabel Penelitian.....	38
C. Alat dan Bahan.....	39
1. Alat	39
2. Bahan.....	39
D. Skema Desain Penelitian.....	39
E. Tahapan Penelitian.....	41
F. Desain/Skema	42
BAB IV.....	43
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
A. Desain Sistem Energi (BIPV)	43
1. Disain system BIPV	43
2. Skema PLTS BIPV	44
3. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	46
a. Penentuan energi listrik yang akan disuplai (Beban).....	46
b. Energi 7 hari otonom	46

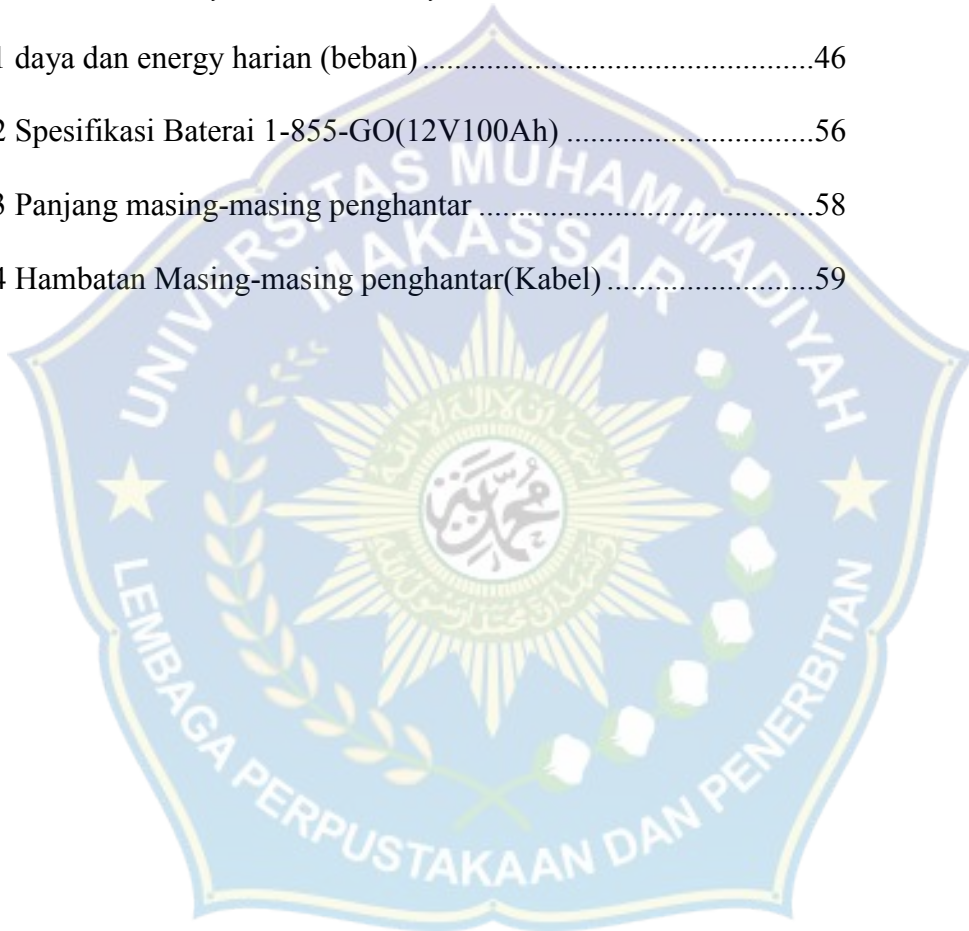
B. Penentuan System PLTS.....	48
1. Daya Yang dibangkitkan PLTS (<i>Watt Peak</i>).....	48
a. Area Array (PV Area).....	48
b. Daya yang Dibangkitkan	50
c. Jumlah Panel Surya.....	51
d. Pemasangan Panel Surya	53
e. Kapasitas Baterai	53
f. Kapasitas <i>ChargeController</i>	56
g. Kapasitas Inverter	57
h. Kabel Distribusi	57
a. Arus nominal pada masing-masing sesuai daya lampu.	57
b. Penentuan panjang penghantar.....	58
c. Jatuh Tegangan.....	58
BAB V	60
<i>PENUTUP</i>.....	60
A. Kesimpulan	60
B. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1 Bengkel-Service-Ringan.....	6
Gambar.2.2 Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output.....	10
Gambar 2.3. Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor.....	11
Gambar 2.4 . Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron).....	14
Gambar 2.5. Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction. .	15
Gambar 2.6 Charge Controller tipe MPPT.....	20
Gambar 2.7 Baterai 12 Volt 100 Ah	21
Gambar 2.8 kompressor 220 Volt 500 watt.....	32
Gambar 2.9 Charger baterai 220 Volt 180 watt.....	34
Gambar 2.10. Panel Proteksi.....	35
Gambar 3.1 Konfigurasi system	40
Gambar 3.2 Skema Penelitian.....	42
Gambar 4.1. Skema Rangkaian PLTS BIPV	43
Gambar 4.2. Skema PLTS BIPV.....	44
Gambar 4.3. Skema Peletakan Komponen PLTS BIPV	45
Gambar 4.4 Disain <i>single line system</i>	47
Gambar 4.5. Diagram PLTS <i>Off-grid</i>	48
Gambar 4.6 Konfigurasi 126 panel surya parallel	52
Gambar 4.7 Desain Rangkaian 70 Baterai secara parallel.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1 Temperatur Harian Kota Makassar, 2017.....	17
Tabel. 2.2 Data Insolasi Harian Matahari Kota Makassar	18
Tabel 2.3 Spesifikasi Charger Controller MPPTV	20
Tabel 2.4. Spesifikasi Compressor	33
Tabel 3.1 <i>Data Panel Surya Venus Solar Sytem VG-100-18-P</i>	38
Tabel 4.1 daya dan energy harian (beban).....	46
Tabel 4.2 Spesifikasi Baterai 1-855-GO(12V100Ah)	56
Tabel 4.3 Panjang masing-masing penghantar	58
Tabel 4.4 Hambatan Masing-masing penghantar(Kabel)	59



DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

$P_{\text{saat } t \text{ naik } ^{\circ}\text{C}}$	= daya pada saat
$P_{\text{MPP saat naik menjadi } t \text{ } ^{\circ}\text{C}}$	= daya keluaran maksimum panel surya
$P_{\text{WATT } peak}$	= Daya yang dibangkitkan (Wp)
P_{MPP}	= Daya maksimum keluaran (<i>output</i>) panel surya (W)
E_L	= pemakaian energi (kWh/hari)
G_{AV}	= insolasi harian matahari rata-rata (kWh/m ² /hari)
η_{PV}	= efisiensi panel surya.
TCF	= <i>Temperature Correction Inverter</i> .
η_{out}	= efisiensi inverter.
PSI	= (<i>Peak Solar Insolation</i>)
η_{PV}	= efisiensi panel surya.
(TCF)	= <i>Temperature Correction Factor</i>
Apm	= asumsi panas matahari

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Matahari merupakan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan. Energi ini sangat cocok digunakan pada negara tropis seperti di Indonesia, karena letak geografis Indonesia yang berada di garis katulistiwa maka Indonesia memiliki potensi energi yang sangat besar. Setiap hari, di Indonesia dapat diperoleh energi sebesar 4,8 - 6,0 kWh/m² pada bidang *horizontal* yang tidak terlindung.

Energi adalah daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan meliputi energi mekanik, panas, dan lain – lain. Oleh karena itu, hampir semua perselisihan di dunia ini, berpangkal pada perebutan sumber energi. Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas yang dikenal dengan energi terbarukan (Akhmad, 2011). Energi listrik merupakan energi yang mudah dikonversi ke bentuk energi lain. Sehingga banyak peralatan modern menggunakan listrik sebagai sumber energi.

Energi listrik merupakan energi yang kita gunakan untuk kepentingan sehari-hari. Terutama alat-alat elektronik. Energi listrik merupakan energy yang dapat diperbaharui (Energi listrik PLN). Energi dari bahan bakar fosil yang semakin menipis, untuk itu kita harus menggunakan energi listrik tersebut secara

hemat dan efisien. Tema untuk usaha sendiri, untuk itu, kepemilikan kendaraan pribadi baik sepeda motor maupun mobil di Sulawesi selatan setiap tahun meningkat 5 sampai 6 persen, dimana jumlah kendaraan dari tiga tahun terakhir mencapai 3.761.421 unit sementara itu, khusus untuk wilayah Makassar di tahun 2016 mencapai 1.425.150 unit kendaraan dan 2017 mencapai 1.505.835 unit.

hingga Oktober 2018, kendaraan mencapai 1.563.608 unit. Pertumbuhan kendaraan di Makassar juga naik hingga 5 persen. Oleh karena itu saya selaku mahasiswa yang akan mengangkat judul tugas akhir "Tentang Desain Sistem Energi Listrik Nirkabel Service-Ringan Bebas Kabel dan Building Integrated Photovoltaic (BIPV)". Untuk membantu tema untuk mengurangi penggunaan listrik dari PLN. Energi ini akan dikonversikan ke bentuk energi listrik dengan menggunakan *photovoltaic* (PV). Energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan pada *compressor, charger* dan alat elektronik lainnya. Masalah dari alat ini adalah divais harus di *-charger* terlebih dahulu dan bandapat digunakan. Dari masalah ini, penulis akan mengimplementasikan pemanfaatan tenaga ke bentuk energi listrik tersebut sebagai sistem catday (langsung) dan pengisian baterai (cadangan).

Untuk memaksimalkan dari *fast charging* maka diperlukan sebuah sistem tambahan yang dapat membuat *solar cell* menghasilkan tegangan atau *voltage* maupun arus listrik yang maksimal agar menghasilkan *charging time* yang paling lama (maksimal).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana desain sistem PLTS BIPV yang dapat diterapkan untuk memasok energi listrik pada bengkel servis-motor?
2. Berapa besaran energi total yang dibutuhkan oleh beban untuk waktu tujuh hari otonom, serta spesifikasi sistem PLTS BIPV yang dibutuhkan?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu

1. Untuk mendesain sistem PLTS yang dapat dikembangkan untuk memasok listrik pada bengkel servis-motor
2. Untuk mendapatkan nilai energi total yang dibutuhkan oleh beban untuk waktu tujuh hari otonom dari spesifikasi sistem

D. Batasan Masalah

1. Penelitian ini dibatasi hanya untuk mendesain PLTS berbasis BIPV
2. Penelitian ini dibatasi hanya untuk mengetahui besaran daya baterai, intensitas cahaya, laju pengisian baterai panel surya dan efisiensi dari panel surya dalam waktu tujuh hari otonom

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai produsen energi BIPV digunakan untuk memproduksi energi listrik yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan bangunan
2. Keuntungan ekologis, penggunaan BIPV dapat meningkatkan niat pemilik untuk berkontribusi dalam mengatasi permasalahan ekologis

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari keseluruhan penelitian ini, maka kami membuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta maksud dan tujuan dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang alur dan empat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, dan gambar rangkaian penelitian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

BAB V Penutup

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau simpulan dan saan akhir dari penelitian dan pengujian alat yang telah dilakukan

Daftar Pustaka

Berisi tentang daftar referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pendahuluan

Bengkel merupakan tempat untuk pembuatan, perbaikan, maupun perbaikan alat dan mesin tertentu. Selain itu bengkel juga dapat diartikan sebagai tempat melaksanakan belajar mengajar keterampilan (Dimas: 2012). Dengan demikian dengan adanya Bengkel -service -ingan ini memberikan peluang besar sebab kepemilikan kendaraan pribadi baik sepeda motor maupun mobil di Sulawesi Selatan semakin meningkat. Sementara itu khusus untuk wilayah Makassar tahun 2016 mencapai 1.425.150 unit kendaraan dan 2017 mencapai 1.505.835 unit. Hingga Oktober 2018, kendaraan mencapai 1.563.608 unit.

Pada umumnya bengkel -service dibagi menjadi dua, yakni servis besar dan servis ringan. Servis kecil biasanya hanya meliputi ganti oli mesin, pembersihan knalpot, pompa ban, dan charger baterai.



Gambar.2.1 Bengkel-Service -Ringan

B. Prinsip Dasar dalam Desain Sistem Fotovoltaik

Menurut Davis (2001), perhatian terhadap desain instalasi sangat penting, sudah dapat ditemukan bahwa 10-20% instalasi PV baru memiliki masalah instalasi serius yang mengakibatkan penurunan kinerja secara signifikan. Dalam banyak kasus penurunan kinerja dapat dikurangi dengan memperhatikan prinsip dasar dalam mendesain sistem fotovoltaik sebagai berikut:

1. Memilih sistem sesuai kebutuhan, termasuk berapa daya yang ingin dibangkitkan, biaya investasi awal, penyimpanan cadangan energi maupun ukuran (desain) fotovoltaik.
2. Memastikan area instalasi sesuai dengan luas kebutuhan desain fotovoltaik yang diinginkan.
3. Menentukan bahan dan peralatan yang tahan terhadap kondisi luar seperti matahari dan cuaca.
4. Mencari lokasi instalasi yang meminimalkan terhalangnya sinar matahari langsung ke *array* fotovoltaik seperti gedung, pepohonan.
5. Merancang sistem dengan meminimalkan kerugian listrik (*losses*) pada penggunaan kabel, *wire*, inverter, dll.
6. Mempersiapkan tempat untuk mengelola sistem baterai sesuai kebutuhan yang diperlukan.
7. Memastikan desain memenuhi persyaratan interkoneksi dengan jaringan listrik lokal.

C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel surya. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*Direct Current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*) apabila diperlukan. PLTS pada dasarnya adalah pencatupan dan dapat dimanfaatkan untuk mencukupi kebutuhan listrik dari rumah kecil sampai dengan rumah besar baik secara mandiri maupun hibrida.

D. Sel Surya

Sel surya merupakan perangkat yang unik karena memanfaatkan efek *photovoltaic* yang memungkinkannya perubahan langsung energi surya yang diserap dari matahari menjadi energi listrik, *photovoltaic* sendiri merupakan istilah yang telah digunakan di Inggris semenjak tahun 1849 dan berasal dari bahasa Yunani *phos* yang berarti cahaya dan *voltic* yang berarti listrik diadaptasi dari nama fisika Italia yang bernama *Alessandro Volta*. Proses perubahan energi cahaya matahari menjadi listrik ini dapat berlangsung pada material semikonduktor yang mempunyai dua area yang berbeda, dimana satu area mempunyai kelebihan elektron dan area yang lain kekurangan elektron. Pada umumnya material semikonduktor ini terbuat dari silikon yang pada penggunaannya dikategorikan berdasarkan bentuk menjadi 2 yakni kristal dan non-kristal (Kadir 2010). Sel surya mempunyai banyak aplikasi, diantaranya sangat berguna pada situasi

dimana energi listrik masih jarang yang dapat dihasilkan seperti di daerah pedesaan dan juga satelit buatan manusia yang mengorbit bumi diluar angkasa. *Photovoltaic* (PV) adalah sistem atau cara langsung untuk mentransfer radiasi matahari menjadi energi. Sel material semikonduktor konduktivitasnya akan meningkat secara *significant*.

Salah satu peluang yang belum dimanfaatkan secara maksimal pada bangunan gedung yang ada di Indonesia adalah *Building Integrated photovoltaic* (BIPV). BIPV adalah penggunaan panel PV yang dipasang pada selubung bangunan (Pad & Byrnes, 1999). Lebih lanjut dikatakan bahwa BIPV merujuk pada bangunan PV untuk meningkatkan konsep desain bangunan yang diintegrasikan pada level fisik, lingkungan dan estetika. Menurut Guzowski (1999) integrasi ini dapat dicapai dengan cara, salah satunya dengan mengintegrasikan panel PV dengan pencahayaan alami dan desain arsitektur. Dengan teknologi yang ada dewasa ini panel PV dapat diintegrasikan pada atap, kulit bangunan, permukaan kaca, *skylight* dan bagian peneduh bangunan.

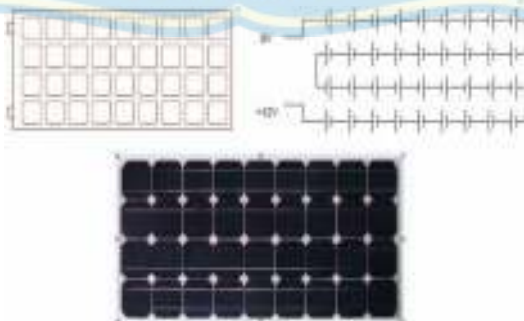
Peluang menggunakan BIPV di Makassar sangat terbuka, karena letak kota yang berada pada daerah khatulistiwa dengan ketersediaan radiasi matahari yang cukup tinggi.

Terdapat banyak manfaat dari integrasi antara PV dan desain arsitektur. Tiga diantaranya menurut Guzowski (1999) adalah sebagai berikut:

1. Sebagai produsen energi, PV digunakan untuk memproduksi energi listrik yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan bangunan

- Keuntungan estika, bangunan yang menggunakan PV sebagai bagian yang terintegrasi akan terlihat lebih estisdisbanding dengan hanya meletakkan PV sebagai tambahan di atap
- Keuntungan ekologis, penggunaan BIPV memperlihatkan niat pemilik untuk berkontribusi dalam mengatasi permasalahan ekologi

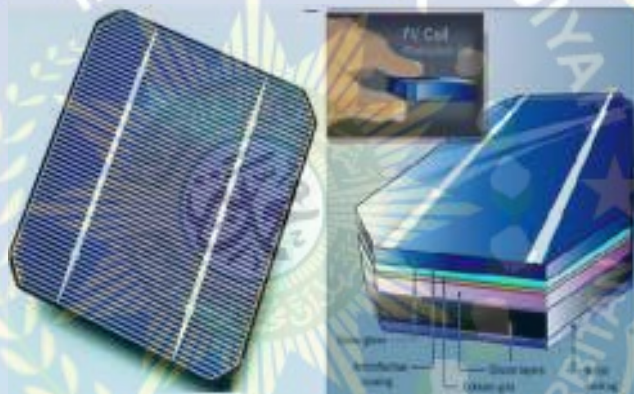
Sel surya dapat dianalogikan sebagai dioda dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap tidak cukup cahaya berfungsi sebagai dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya sel surya komersial menghasilkan tegangan an DC sebesar 0,5 sampai 1 volt dan arus *short-circuit* dalam skala miliampere/cm². Besar tegangan dan arusnya tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28 -36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan DC sebesar 12 V dalam kondisi pencahayaan standar. Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus output sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar di bawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.



Gambar.2.2 Modul surya biasanya terdiri dari 28 -36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output

a. Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula. Struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (*thin film* /lapisan tipis).



Gambar 2.3. Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor.

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya.

Secara umum terdiri dari :

1. Substrat Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya

digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum.

Untuk sel *dye-sensitized* (DSSC) dan sel organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *indium tin oxide* (ITO) dan *fluorine doped tin oxide* (FTO).

2. Material Semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa mikrometer untuk sel generasi pertama (silikon), dan 1 -3 mikrometer untuk sel lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menangkap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar di atas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan adalah termasuk pasangan yaitu contohnya material $Cu(In,Ga)(S,Se)_2$ (CIGS), CdTe (*kadmium telluride*), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang sedang dalam penelitian intensif seperti $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$ (CZTS) dan Cu_2O (*copper oxide*).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan di atas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS, dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya.

3. Kontak metal *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif lainnya sebagai kontak negatif.

4. Lapisan anti-refleksi

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang diserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

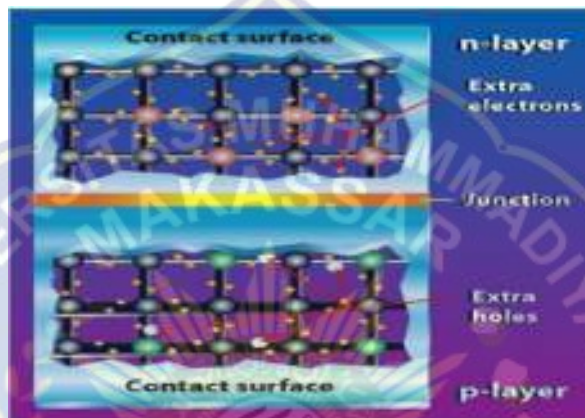
5. *Enkapsulasi / cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

b. Cara kerja sel surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu junction antara semikonduktor tipe *p* dan tipe *n*. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe *n* mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe *p* mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur

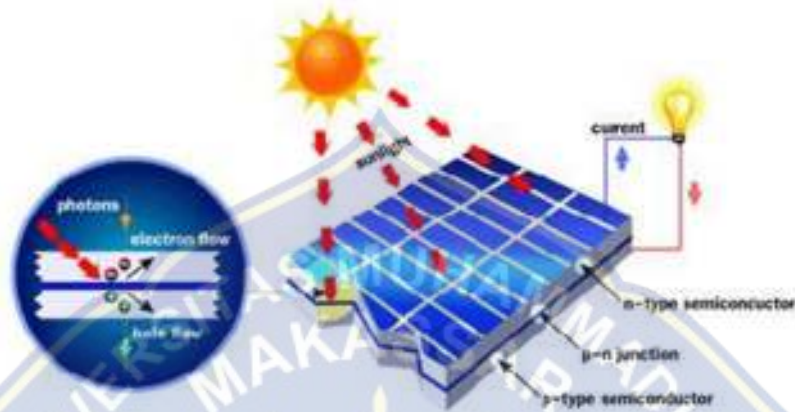
abmny. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopan. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe -p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe -n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilusi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktortipe -p dan tipe -n.



Gambar 2.4 . *Junction* antara semikonduktor tipe -p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron).

Pada p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe -p dan tipe -n berkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe -n ke tipe -p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe -n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe -p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai pada p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole

begeak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar di bawah.



Gambar 2.5. Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.

E. Komponen-komponen PLTS

Pemanfaatan tenaga surya sebagai pembangkit tenaga listrik, umumnya terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

1. Panel (Modul) Surya

Panel surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel ini tersusun dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Sebuah panel surya umumnya terdiri dari 32 - 40 sel surya, tergantung ukuran panel. Gabungan dari panel-panel ini akan membentuk suatu "Array" (Ouasching:2005).

Jenis panel surya yang dijual dipasaran saat ini, antara lain adalah:

- 1) Monokristal Silikon (Mono-crystalline Silicon)

Monokristalin merupakan panel (modul) yang paling efisien, yaitu mencapai angka sebesar 16-25%

2) Polikristalin Silikon (*Poly-crystalline Silicon*)

Polikristal merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe ini memiliki efisiensi sebesar 14-16%.

3) *Amorphous Silicon*

Amorphouse adalah tipe panel dengan harga paling murah akan tetapi efisiensinya paling rendah, yaitu antara 9-10,4%.

Pengoperasian maksimum panel surya sangat tergantung pada hal-hal sebagai berikut:

2. **Temperatur**

Sebuah panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur yang diterimanya tetap normal pada temperatur 25°C. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada panel surya akan melemahkan tegangan (Voc) yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperatur panel surya 1°C (dari 25°C) akan mengakibatkan berkurang sekitar 0,5% pada total tenaga (daya) yang dihasilkan. Foster dkk 2010(Lihat Satriani, I Dewa A.S.,2011). Untuk menghitung besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur disekitar panel mengalami kenaikan °C dari temperature standarnya, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{\text{saat t naik } ^\circ\text{C}} = 0,5\% / ^\circ\text{C} \times P_{\text{MPP}} \times \text{kenaikan temperature } (^\circ\text{C}) \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

$P_{\text{saat t naik } ^\circ\text{C}}$ = daya pada saat temperature naik °C dari temperature standarnya.

P_{MPP} = daya keluaran maksimum panel P .

Daya keluaran maksimum panel P pada saat temperatur naik menjadi t °C dari temperatur standarnya dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t \text{ } ^\circ\text{C}} = P_{MPP} - P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

$P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t \text{ } ^\circ\text{C}}$ adalah daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur disekitar panel surya naik menjadi t °C dari temperatur standarnya.

Faktor koreksi temperatur (*Temperature Correcton Factor*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$TCP = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t \text{ } ^\circ\text{C}}}{P_{MPP}} \dots\dots\dots 2.3$$

Tabel. 2.1 Temperatur Harian Kota Makassar, 2017

Bulan	Temperatur (°C)	
	Minimum	Maksimum
Januari	27.3	30.1
Februari	27.0	30.2
Maret	27.4	30.6
April	27.6	30.6
Mei	27.2	30.1
Juni	26.6	29.3
Juli	25.9	28.9
Agustus	25.8	29.7
September	26.2	31.1
Oktober	27.2	32.1
November	27.8	31.8
Desember	27.7	30.7

Sumber :Nasa, 2017 (Dokumen yang dihasilkan pada Thu Jun 1 01:40:55 EDT 2017)

3. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari akan berpengaruh pada daya keluaran panel PV. Semakin rendah intensitas cahaya yang diterima oleh panel PV maka arus (Isc) akan semakin rendah. Hal ini membuat titik *Maximum Power Point* berada pada titik yang semakin rendah.

Data Insolasi Harian Matahari Kota Makassar

Tabel. 2.2 Data Insolasi Harian Matahari Kota Makassar

Bulan	Penyinaran matahari (kWh/m ² /hari)
Januari	4,57
Februari	4,84
Maret	5,75
April	5,91
Mei	5,97
Juni	5,67
Juli	5,95
Agustus	6,70
September	7,22
Oktober	7,05
November	6,09
Desember	4,75
Rata-rata	5,87

Sumber: Nasa, 2017 (Dokumen yang dihasilkan pada Thu Jun 1 01:40:55 EDT 2017)

4. Orientasi Panel Surya (Array)

Orientasi dan angkaian panel PV (array) ke arah matahari adalah penting, agar panel PV (array) dapat menghasilkan energi maksimum. Misalnya, untuk lokasi yang terletak di belahan bumi Utara maka panel PV (array) sebaiknya diorientasikan ke Selatan. Begitupula untuk lokasi yang

letak di belahan bumi Selatan maka panel PV (*array*) diorientasikan ke Utara.

5. Sudut Kemiringan Panel Surya (*Array*)

Sudut kemiringan memiliki dampak yang besar terhadap radiasi matahari di permukaan panel PV. Untuk sudut kemiringan tetap daya maksimum selama setahun akan diperoleh ketika sudut kemiringan panel PV sama dengan lintang lokasi (Foster dkk., 2010). Misalnya panel PV yang dipasang di khatulistiwa (lintang = 0o) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0o), akan menghasilkan energi maksimum.

F. Kontrol Pengisian Baterai (*Solar Charge Controller*)

Charge controller berfungsi mengatur aliran listrik dari modul PV ke baterai. Alat ini juga memiliki banyak fungsi yang pada dasarnya ditujukan untuk melindungi baterai. Charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan (*overvoltage*) dari panel PV.

Solar charge controller yang menggunakan metoda MPPT (Maximum Power Point Tracker), yang lebih efisien konversi DC to DC (Direct Current). MPPT dapat mengambil daya maksimum dari panel surya. Spesifikasi pada kontroler yaitu maksimum arus yang dapat melewati kontroler ini 20 Ampere, dimensi kontroler 14,3 cm x 8,9 cm x 46 cm, pengontrolan kapasitas baterai/aki maksimum 13,8 Volt jika telah mencapai tegangan tersebut, maka suplai arus akan

diturunkan menjadi 0 sampai kurang dari 1 Amper untuk menghindari *overcharging*.



Gambar 2.6 Charge Controller tipe MPPT

Tabel 2.3 Spesifikasi Charger Controller MPPT

Model	MPPT Solar Charge Controller
Rated Voltage	12/24/48 Vdc auto-detection
Rated charger current (including load)	20/40/60 Amp
Load current	15 Amp
Input Voltage range	15-150Vdc
Max. PV open circuit array voltage	55Vdc
Overload protection (Dc load)	2.0 * Inom >5s
	1.5 * Inom >20s
	125 Inom temperature Controlled
Protection class	IP21
Dimension (L*W*H)	192x140x66mm

Sumber : <http://www.tenagasuryamurah.com/mppt-solar-charge-controller-40a-1224v/>

G. Baterai (Battery/ACCUMULATOR)

Baterai pada sistem pembangkit tenaga berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu, refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC. Gambar 2.3 merupakan penyimpanan daya dan penyediaan energi listrik ke beban dengan baterai/aki 12 volt 100 Ah dengan berat 14 kg dan baterai/aki yang digunakan adalah 12 volt hanya menyuplai motor dc saja.



Gambar 2.7 Baterai 12 Volt 100 Ah

H. Inverter

Inverter adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya / solar cell menjadi AC. Beberapa tahun belakangan ini perkembangan di dunia elektronika mengalami kemajuan pesat

semua itdi dasar oleh kemajuan pendidikan yng ada selama ini. Seing denga n keadaan yng semakin maju etama dalam dunia Elektronika, pat membutuhkan sumber as untuk menjalankan alat -alat elektronika tsebut. Dalam hal ini sumberadai PLN aja tkadang idak memadai, etama pada desa-desa ttinggal yng idak dap at menggunakan sumberas dai PLN. Oleh kaena itu, hal ini dapat di atasi dengan membuat suat alat yng yng dap mengantikan sumberadai PLN tsebut. Beikut adalah rangkaian invester:



1. In□□□

Pada Rangkaian diberi Tegangan searah sebesar +12 Volt DC sebagai input. Pada umumnya, contoh tegangan searah yang digunakan sebagai input bias berupa baterai ataupun AKI, sesuai keperluan.

2. Peng□bah

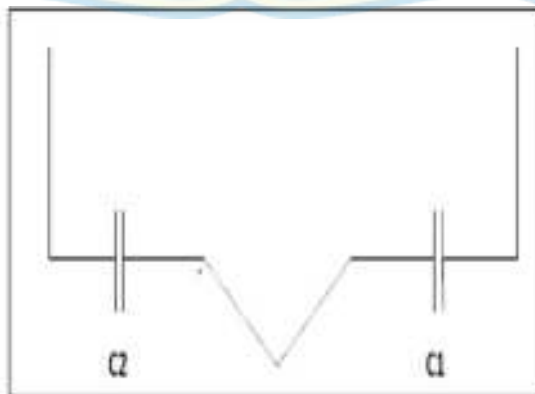
Dioda berfungsi sebagai pengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak – balik berasal dari kapasitor. Kapasitor menyimpan tegangan dan

mengeluarkan kembali tegangan listrik tersebut, karena muatan listrik pada kapasitor. Tegangan yang diberi sebesar 12 volt DC di ubah menjadi 90 -150 volt AC. Disini dioda berfungsi sebagai pengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik.



3. Filter (Penyaring)

Dimana tegangan yang sudah di ubah akan dianalisa apakah tegangan yang telah diubah benar benar menjadi tegangan bolak-balik dengan menggunakan dioda, tegangan akan di saing menggunakan kapasitor yang akan mengubah tegangan searah menjadi bolak-balik. Kapasitor berperan penting sebagai alat untuk menstabilkan tegangan sesudah di ubah.



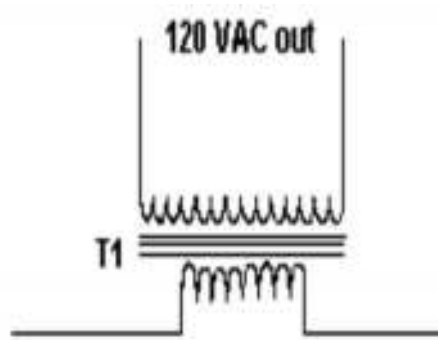
4. Peng□a□

Enguat dipengani oleh besany at yng dihasilkan oleh tansiör dan dipengani oleh tnsformatr yng menghasilkan day dengan menggunakan Ampee. Pada angkaian, aniptanny menggunakan aDC dengan pengatoleh tansiör jenisNPN 2N3055 dan tansformabr.



5. O□□□□

Sepet pada penjelasan diaasR4 & R3 tehubung ke input +12Volt DC dan arus yang masuk disimpan terlebih dahulu oleh C1 & C2. Jika R4 terhubung dengan Q2 dan di beri inputan +12Volt DC sementara R3 tertutup karena R4 lebih dahulu menerima input +12Volt DC dan disimpan oleh C1, lalu setelah muatan listrik yang disimpan telah penuh maka muatan listrik akan dilepaskan dan arus yang di lepaskan adalah arus AC Begitu juga jika R3 terhubung dengan Q1 dan diberi inputan +12Volt DC karena memiliki besar resistor yang sama sebesar 180 Ohm sehingga R3 & R4 akan saling bergantian. Sehingga tegangan akan menghasilkan tegangan sebesar 150 Volt AC.



6. Ukuran Inverter

Inverter digunakan dalam sistem di mana output AC dipetuk an. Nilai input inverter tidak boleh lebih rendah dari total watt. Inverter harus memiliki tegangan nominal yang sama dengan baterai Anda. Untuk sistem yang berdiri sendiri, inverter harus cukup besar untuk menangani jumlah total Watt yang akan Anda gunakan sekaligus. Ukuran inverter harus 25 -30% lebih besar dari total Watt peralatan. Dalam hal jenis alat adalah motor atau kompresor maka ukuran inverter harus minimum 3 kali kapasitas peralatan tersebut dan harus ditambahkan ke kapasitas inverter untuk menangani lonjakan selama mulai. Untuk sistem kisi-kisi grid atau sistem yang terhubung kisi, peningkatan input inverter harus sama dengan peningkatan PV untuk memungkinkan operasi yang aman dan efisien.

I. Karakteristik Komponen PLTS

1. Jumlah Panel Surya

Daya (W_{peak}) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, dihitung dengan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{\text{Watt peak}}}{P_{\text{MPP}}} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

$P_{\text{WATT peak}}$ = Daya yang dibangkitkan (Wp)

P_{MPP} = Daya maksimum keluaan (*output*) panel n (W)

2. Menghitung Area Array (PV Array)

Area array (PV Array) dipehitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Safani:2011) :

$$\text{PV Area} = \frac{E_L}{G_{\text{AV}} \times \eta_{\text{PV}} \times \text{TCF} \times \eta_{\text{Out}}} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana :

E_L = pemakaian enegi (kWh/hari)

G_{AV} = insolasi harian matahari rata-rata (kWh/m²/hari)

η_{PV} = efisiensi panel n .

TCF = *Temperature Correcton Inverter*.

η_{out} = efisiensi inveter

3. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (Watt Peak)

Dari pehitngan area array maka besardaya yang dibangkitkan PLTS (Wattpeak) dapat dipehitungkan dengan rumus sebagai berikut(Safani:2011) :

$$P_{\text{Watt peak}} = \text{Area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

PSI (*Peak Solar Insolation*) = 1000 W/m²

η_{PV} = efisiensi panel P .

Untuk memperoleh beargangan, andan day yang sesuai dengan kebutuhan, maka panel-panel P tsbut handikombinasikan secara seri dan paalel dengan atan sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh egangan keluaan yang lebih besar dai egangan keluaan panel P , maka dua buah (lebih) panel P handihubungkan secara seri.
2. Untuk memperoleh ankeluaan yang lebih besardai ankeluaan panel P , maka dua buah (lebih) panel P handihubungkan secara paalel.
3. Untuk memperoleh day keluaan yang lebih beardai day keluaan panel P dengan egangan yang konstan maka panel -panel P handihubungkan secara seri dan paalel.

4. Kapasitas Baterai

Beas kapasitas batrai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsms energi har ian dapatdihitung dengan rumssbagai berikut : (al - shama h. 2015)

$$E_{rough} = E \times D \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana :

E_{rough} = Jumlahpenypan energy yang dibutuhkan

D = har -har otonomi (har)

E = Total konsms energi (kWh)

Untuk keamanan enegi dapatdihitung dengan rumssbagai berikut:

$$E_{safe} = \frac{E_{rough}}{MDOD} \dots\dots\dots 2.8$$

Dimana :

E_{safe} = Keamanan enegy

E_{rough} = Jumlah penijmpnan enegyng dibutuhkan

MDOD = *Maximum depth of discharge*

Untuk menghitung kapasitabaterai yng dibutuhkan dapatdihitung dengan rumus :

$$C = \frac{E_{safe}}{V_b} \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana :

C = Total Kapasitabaterai (Ah)

E_{safe} =Keamanan enegy

V_b = *Voltage Battery* (V)

Untuk pehitungan jumlah btal baterai dapat digunakan persamaan sbagai berikut (Al-shami:2015) :

$$N_{batteries} = \frac{C}{C_b} \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana :

$N_{batteries}$ = Jumlah baterai

C = Total kapasitabaterai

C_b = Kapasitabaterai

Menghitung jumlah dari baterai yang terhubung secara seri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{V_{DC}}{V_b} \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana :

N_s = Jumlah baterai seri

V_{DC} = Tegangan DC

V_b = Tegangan baterai

Menghitung jumlah baterai yang dihubungkan secara paralel dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N_p = \frac{N_{batteries}}{N_s} \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana :

N_p = Jumlah baterai paralel

$N_{batteries}$ = Jumlah baterai

N_s = Jumlah baterai seri

5. Kapasitor

Pada pemilihan inverter diupayakan kapasitas kejanya mendekati kapasitas yang dilayani. Hal ini agar efisiensi kerja inverter menjadi maksimal. Untuk menentukan kapasitas inverter menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{inv} = 3 \times P_{beban} \dots\dots\dots 2.13$$

6. Kabel Distribusi

Untuk mendistribusikan energi elektrik yang dihasilkan sistem fotovoltaik ke beban, dibutuhkan media perantara berupa kabel. Kabel ini mempunyai hambatan atau resistansi. Oleh karena itu akan terjadi rugi tegangan pada kabel distribusi ini, agar sistem dapat bekerja secara optimal maka rugi tegangan ini harus dijaga agar tidak terlalu besar yaitu menggunakan kabel dengan bahan dan ukuran tertentu. Ukuran kabel dinyatakan sebagai total luas penampang kawat pada konduktor. Satuan umum yang digunakan adalah millimeter persegi (mm^2). Tingkat arus pada kabel adalah besarnya maksimum yang dapat dialirkan melalui kabel tersebut tanpa menyebabkan kabel menjadi panas Menurut Kester (1995) (Lihat Wibawa 2008:29). Untuk mencari jatuh tegangan pada penghantar terlebih dahulu menentukan luas penampang dan hambatan penghantar menggunakan persamaan sebagai berikut. :

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana

A = luas penampang (mm^2)

π = nilainya 3.142857

r = ½ dari diameter kabel

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana

R = hambatan (ohm)

ρ = hambatan jenis Cu 0,017241 (ohm mm²/m)

L = panjang kabel (m)

$$V = I \cdot R \cdot \cos \phi \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana

ΔV = Jatuh tegangan (V)

I = Arus beban (A)

R = Hambatan (ohm)

$\cos \phi$ = untuk arus searah 1

J. Pemilihan Beban yang digunakan

1. Kompressor

Kompressor secara sederhana bisa diartikan sebagai alat untuk memasukkan udara dan atau mengirim udara dengan tekanan tinggi. Kompressor bisa kita temukan pada alat pengungkit, kendaraan roda empat, pendingin ruangan, lemari es serta alat-alat mengangkat beban yang menggunakan tekanan untuk mengangkatnya. Sekalipun sama-sama sebagai alat untuk memasukkan dan menggiring udara dengan tekanan tinggi, pada masing-masing peralatan yang berbeda.

Secara umum kompressor digunakan atau berfungsi menyediakan udara dengan tekanan tinggi. Prinsip kerja kompressor seperti ini biasa kita temukan pada mesin otomotif. Fungsi kedua dari kompressor adalah untuk membantu reaksi kimia dengan cara meningkatkan sistem tekanan. Sebuah kompressor apabila dilihat

daripada cara lainnya, maka akan ada dua jenis kompresor yang masing-masing memiliki metode kerja yang berbeda. Jenis pertama adalah kompresor dengan metode kerja positif displacement dan yang kedua adalah kompresor dengan metode kerja dinamis. Di mana letak perbedaan metode kerja dari kedua jenis kompresor ini? Yang pertama, kompresor jenis positif displacement. Kompresor model ini bekerja dengan cara memasukkan udara ke dalam ruang tertutup, lalu pada saat yang sama volume ruangnya diperkecil, dengan demikian tekanan di dalam dengan sendirinya akan naik. Tekanan yang tinggi inilah yang digunakan untuk berbagai keperluan sesuai dengan peruntukkan kompresor tadi. Kompresor model positif displacement ini digunakan dalam reciprocating compressor dan rotary. Sementara itu pada kompresor model dinamik, volume ruangnya tetap tapi udara yang ada di dalam ruang tersebut diberi kecepatan. Kemudian pada saat yang sama kecepatan tersebut diubah menjadi tekanan. Hal ini bisa terjadi karena udara pada ruang yang volumenya tetap mengalami tekanan.



Gambar 2.8 kompresor 220 Volt 500 watt

Tabel 2.4. Spesifikasi Compressor

Lakoni Air Compressor	
Voltage	220V/50Hz
Horse Power	3/4 HP
Day Load	500 Watt
Kapasitas Tangki	10 liter
Kapasitas Aliran Udara	120 liter/ menit
Kecepatan Mesin	2800 rpm
Kapasitas Tekanan	8 Bar

2. Charger

Charger merupakan alat yang berfungsi untuk mengisi baterai dengan tegangan konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Setelah tercapai, maka pengisian akan otomatis sesuai dengan setpoint dan menahan pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menandakan baterai telah terisi penuh.

Didalam rangkaian charger baterai terdapat rangkaian *regulator* dan rangkaian *komparator*. Rangkaian komparator berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran agar konstan, sedangkan rangkaian komparator berfungsi untuk menurunkan pengisian secara otomatis pada baterai pada saat tegangan pada baterai penuh dan menahan pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga menyebabkan indikator aktif menandakan baterai telah terisi.



Gambar 2.9 Charger baterai 220 Volt 180 watt

3. Daftar dan Lokasi Penggabungan

Fungsi utama kotak penggabungan atau (*combiner box*) adalah untuk menggabungkan string fotovoltaik modul agar mendapatkan arus keluaran laiknya fotovoltaik yang lebih tinggi. Masing-masing String modul fotovoltaik dihubungkan pada busbar yang sama dan dilindungi secara elektrik maupun mekanis di dalam selungkup pelindung (*enclosure*). Kotak penggabungan mempunyai beisi pemangkat proteksi arus lebih (*overcurrent protection*) string, pemangkat proteksi tegangan sumpat (*surge protection device*), busbar atau terminal tambahan, sakelar pemutus dan batang pembumihan (*grounding bar*). Keluaran gabungan dari kotak penggabungan tersebut kemudian dihubungkan langsung ke *solar charge controller* pada sistem *DC-coupling* atau ke inverter/jaringan pada sistem *AC-coupling*.



Gambar 2.10. Panel Proteksi

1. **Pengkalteksi string modul fotovoltaik** digunakan untuk melindungi individual *string* modul fotovoltaik terhadap petir. Untuk tujuan ini biasanya digunakan sekring atau MCB.
2. **Busbar** adalah titik sambungan untuk beberapa *string* modul fotovoltaik. Perangkat ini memisahkan beberapa *string* ke konduktor yang sama. Busbar DC terbuat dari konduktor tembaga padat dan berlapis timah untuk perlindungan terhadap korosi.
3. **Sakelar pemutus** memungkinkan kotak penggabungan terpisah aman dari *solar charge controller* atau inverter jaringan saat pemeliharaan dilakukan.
4. **Pengkalteksi tegangan sape** (*surge protection device*) digunakan sebagai pengamanan terhadap petir dan akibatnya. Perangkat ini dihubungkan ke kutub positif bus DC, kutub negatif bus DC dan pembumian.

5. **Selungkup pelindung (enclosure)** merupakan rumah dari komponen listrik dengan fungsi untuk melindungi komponen dari paparan langsung terhadap lingkungan dan mencegah gangguan luar
6. **Batang pembumihian (grounding bar)** memberi sambungan pembumihian untuk selungkup pelindung (jika kotak logam digunakan) dan untuk mengalirkan arus ke pembumihian dengan menggunakan pemangkasperteksi tegangan surja.

4. **Komponen listrik di dalam kotak penggabungan**

Komponen di dalam kotak penggabungan terdiri dari pemangkasperteksi arus lebih, busbar, pemangkasperteksi tegangan surja (surge protection device), sakelar pemutus, dan batang pembumihian (grounding bar). Komponen listrik harus dipilih dan dipasang dengan benar untuk mendapatkan kinerja PLTS yang baik dan memberikan perlindungan pada PLTS. Berikut adalah diagram listrik sebuah instalasi tenaga modultifotovoltaik secara umum

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam desain angkaian dilakukan beberapa tahapan, diantaranya: Penentuan panel yang digunakan, sehingga panel yang sesuai dengan penggunaannya (entah cahaya atau panas). Pengendalian panel yang dapat dilakukan dengan menentukan parameter-parameter yang digunakan, dan dengan mempertimbangkan metode-metode yang digunakan untuk menentukan parameter tersebut dapat dilakukan berdasarkan pada karakteristik respons dari fungsi panel yang.

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : April 2019 hingga Juni 2019

Tempat : Universitas Muhammadiyah Makassar Menara Iqra lantai 3
Jalan Sultan Alauddin No.259 Makassar

B. Data Parameter dan Variabel Penelitian

1. Data Parameter

Data atau parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah data *Building Integrated Photovoltaic (BIPV)* dan merubahnya menjadi energi listrik. Dalam penelitian ini akan diambil data keluaran sel surya dengan mengawasi secara langsung sehingga dapat mengetahui jika ada perubahan.

data Parameter yang mengkarakterisasi panel photovoltaic adalah:

Tabel 3.1 Data Panel Surya Venus SolarSym VG -100-18-P

Venus SolarSym VG -100-18-P	
Maximum Power (Pmax)	100 W
Short Circuit Current (Isc)	5.86A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.1V
Maximum Power Current (Impp)	5.46A
Maximum Power Voltage (Vmpp)	18.3V
Module Efficiency	17.64%
Power Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	VDC 1000V
Suhu Koefisien ;	
Pada(Isc)	0.08%/°C
Pada(Voc)	-0.32%/°C
Pada(Pmax)	-0.38%/°C
Dimensi	1005x670x30 (mm)
Berat(Kg)	7.12Kg
Warna	Silver
Nilai Sekring Seri	8A
Jumlah Dioda	2

2. Variabel Penelitian

Variabel yang diteliti pada penelitian ini adalah Perhitungan radiasi matahari di Makassar , Spesifikasi tegangan baterai, panel surya, Spesifikasi Ah baterai, Jumlah baterai, Jumlah panel, kapasitas charger, kapasitas inverter, dan Energi yang dibutuhkan oleh beban untuk 3 hari otonom.

C. Alat dan Bahan

1. Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a) Laptop Lenovo G40 dengan spesifikasi:

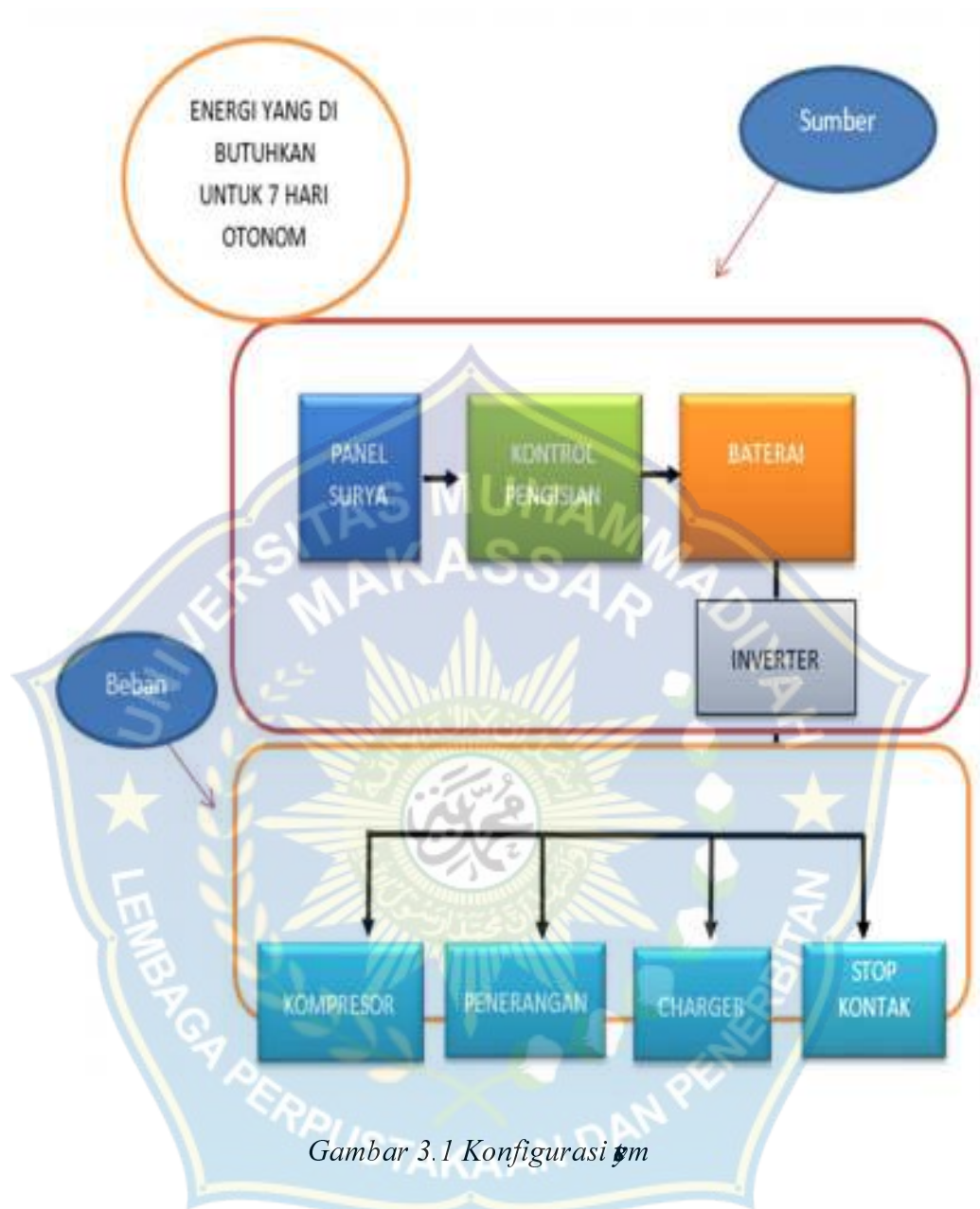
Prosesor	: Intel ® core™ i3-4030U CPU @ 1,90GHz
Prosesor Grafis	: Intel HD Graphics.
Memori RAM	: 4,00 GB.
Memori Harddisk	: 500 GB.
Sistem Operasi	: Windows 10 Pro 64-bit.

2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buku serta jurnal yang terlampir pada daftar pustaka.

D. Skema Desain Penelitian

Adapun garis besar dari rangkaian kelistrikan pada model yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Konfigurasi sistem

Konfigurasi beban sistem yang ditampilkan pada Gambar 3.1. Sistem energi BSR pada prinsipnya terdiri atas dua bagian besar yaitu bagian sumber energi dan beban. Sumber menghasilkan energi total dan dipasang kemudian disalurkan ke beban.

E. Tahapan Penelitian

Penelitian tentang Desain Bengkel -Service-Ringan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Fotovoltaik, dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data mulai dari data jumlah daya Beban yang akan digunakan, luas area *Array Fotovoltaik*, untuk Bengkel-Service-Ringan.

2. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS.

PLTS yang akan dikembangkan di Bengkel -Service-Ringan diencanakan untuk menyuplai dengan sistem *off-Grid* dengan rentang waktu pukul 07.00 WITA sampai dengan pukul 18.00 WITA.

3. Menghitung daya yang akan dibangkitkan PLTS.

a. Menghitung Area *Array (PV Array)*.

Luas area *array* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PV = \frac{E_L}{C_{AV} \times P_{PV} \times CF \times \eta_{Out}}$$

b. Menghitung daya yang dibangkitkan.

Berdasarkan luas area *array* maka besaran PLTS akan dibangkitkan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{watt\ peak} = area\ array \times PSI \times \eta_{pv}$$

c. Menghitung kapasitas komponen PLTS.

Jumlah panel yang diperlukan untuk PLTS dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{MPP}}$$

d. Menghitung kapasitas inverter berdasarkan kapasitas beban yang dilayani.

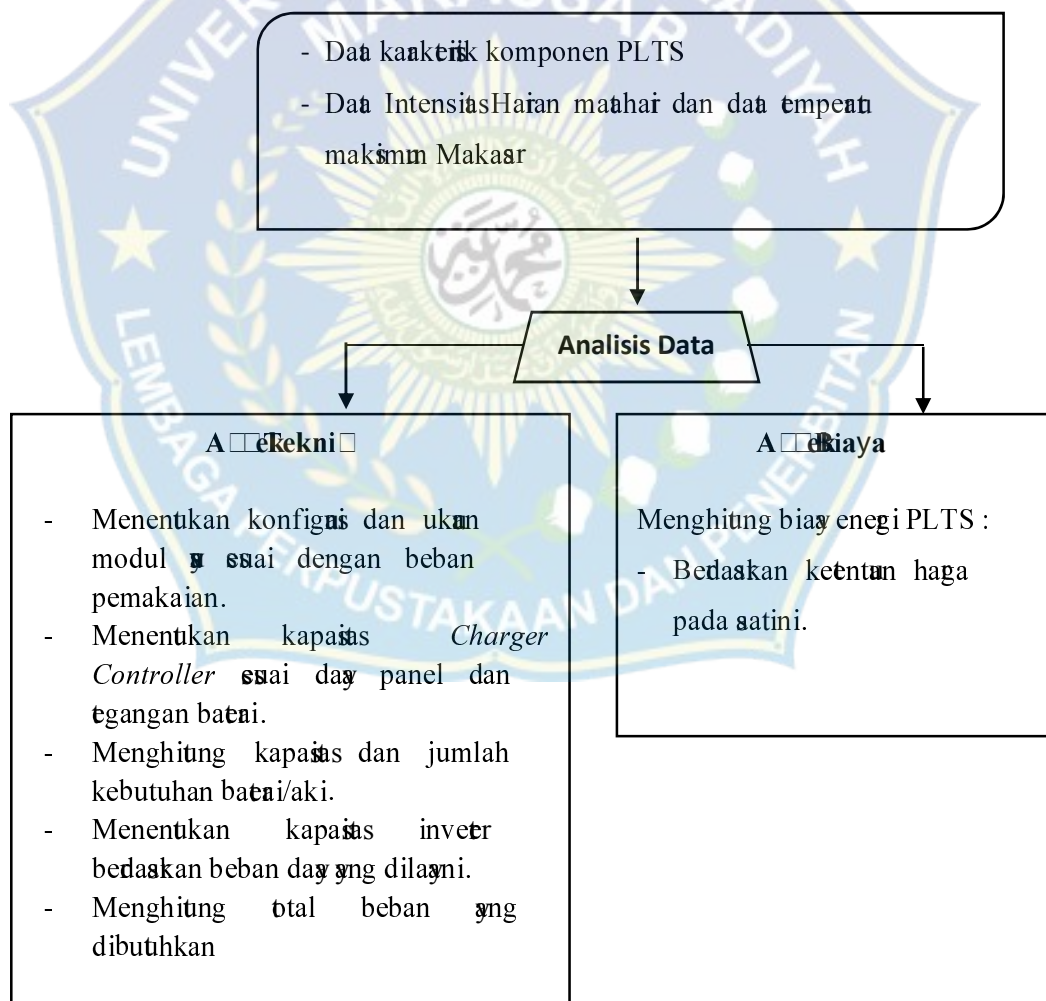
4. Menentukan pemasangan panel surya.

Pemasangan panel surya ditentukan berdasarkan orientasi pemasangan,

struktur penyangga dan sudut kemiringan.

F. Desain/Skema

Berdasarkan langkah-langkah pada tahap penelitian, maka desain/skema penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:

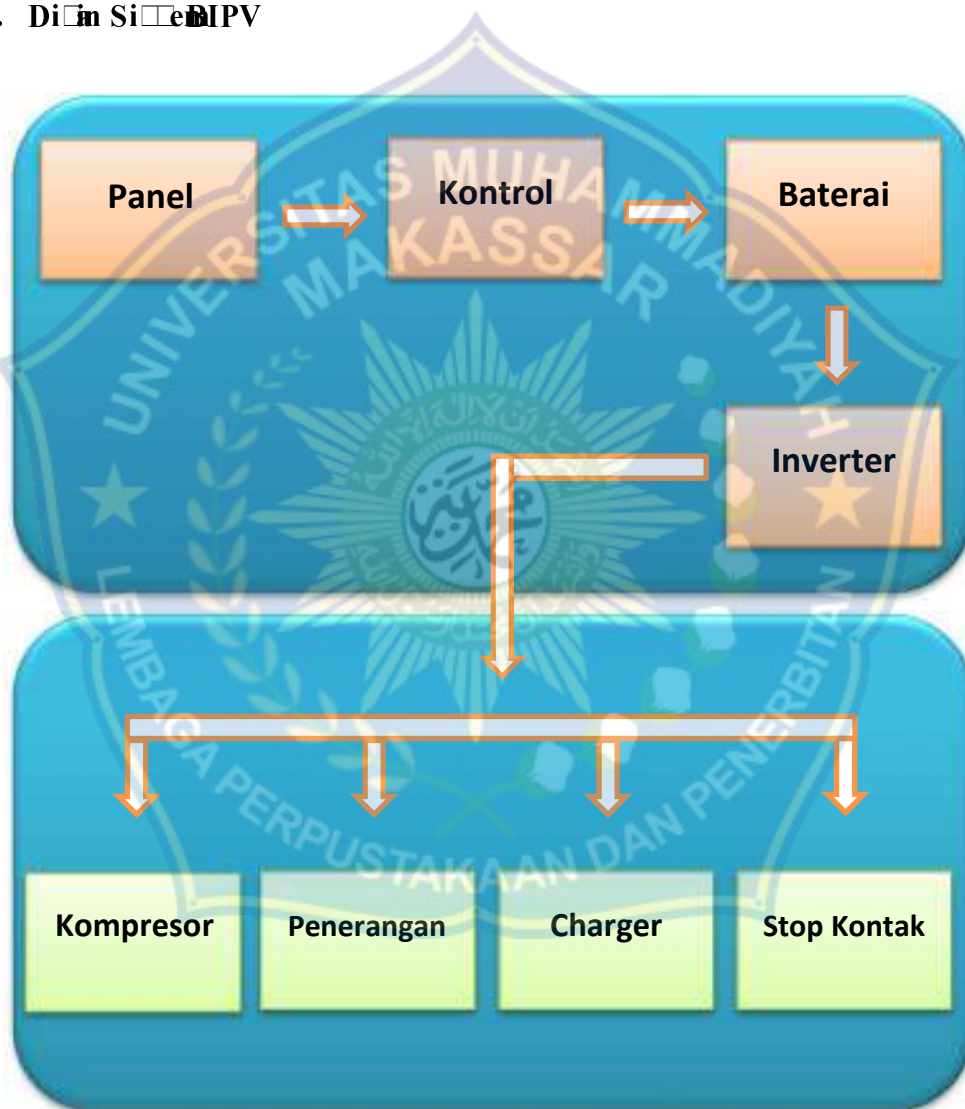


Gambar 3.2 Skema Penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Definisi Energi (BIPV)

1. Definisi BIPV



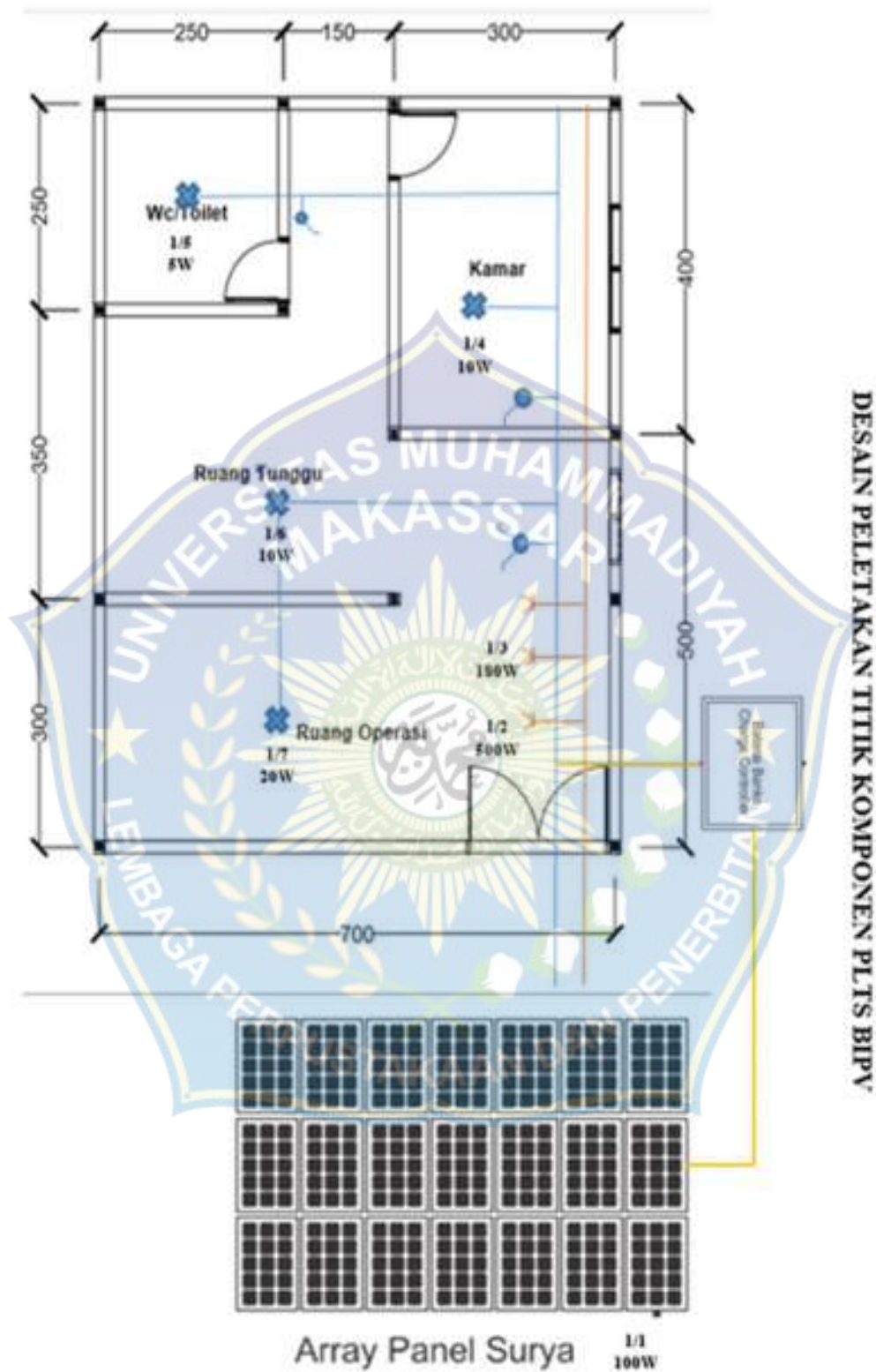
Gambar 4.1. Skema Rangkaian PLTS BIPV

Gambar 4.1 menampilkan desain model sistem PLTS di sektor *residential* yang di desain tersebut terdiri atas komponen utama, yaitu: Panel solar, *charger control*, panel indikator, *inverter*, baterai, dan beban.

2. Skema PLTS BIPV



Gambar 4.2. Skema PLTS BIPV



Gambar 4.3. Skema Peletakan Komponen PLTS BIPV

3. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

a. Penentuan beban listrik yang akan di suplai (Beban)

Pentuan energi listrik yang akan disuplai bertujuan untuk mengetahui jumlah daya elektrik yang diperlukan sesuai dengan jumlah beban yang ada pada gedung dan lama pemakaiannya. Dalam penelitian ini beban diencanakan berupa kompresor, charger battery, spesifikasi yang dan tekniknya dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 daya dan energi harian (beban)

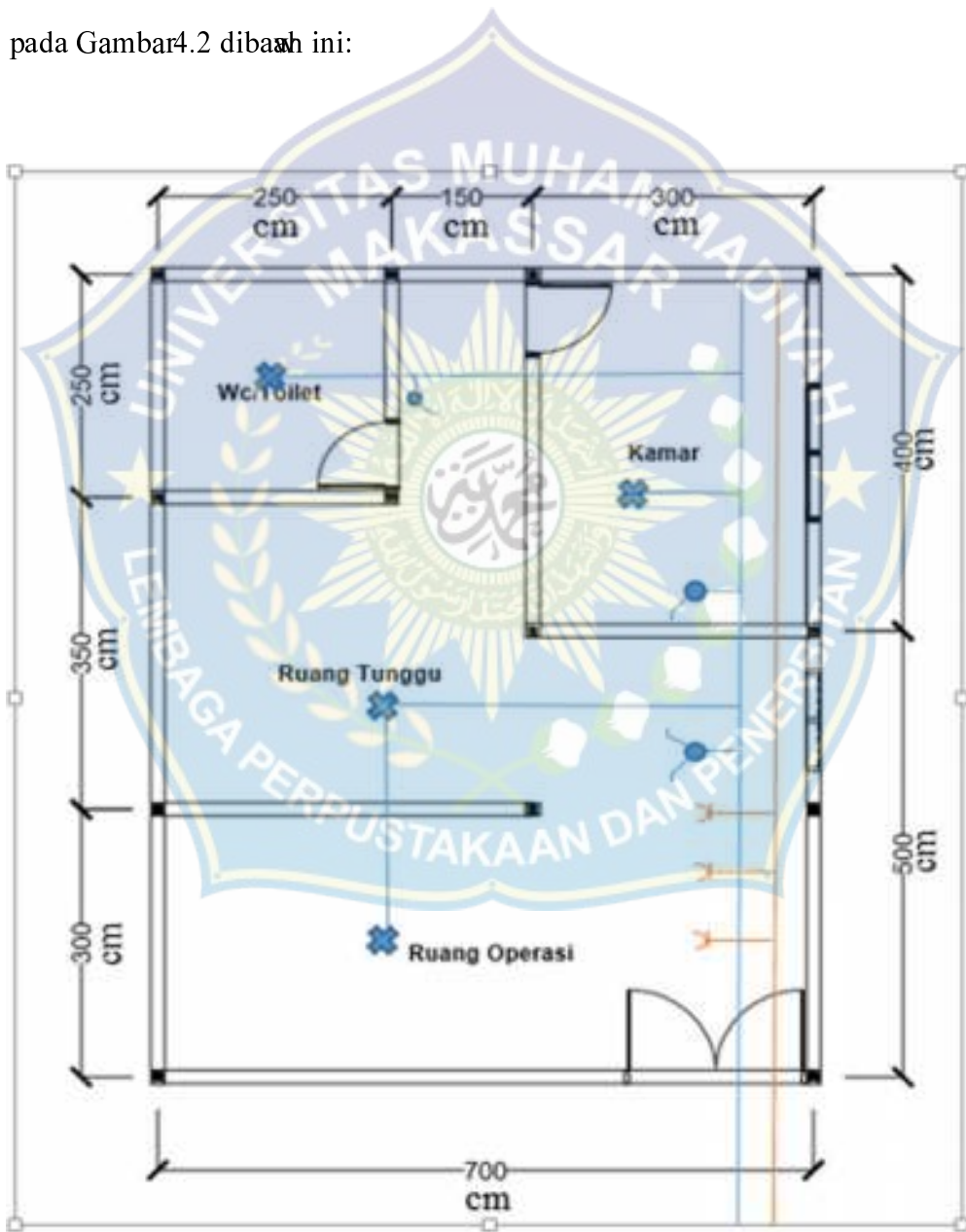
No	Jenis Pealatan	Banyak	Daya	Lama Operasi	Total Energi
			(W)	(Jam)	(Daya x Jam)
1	Kompresor	1	500	3	1500
2	Charger Battery	1	180	5	900
3	Penerangan :				
	L. Ruang Operasi	1	20	12	240
	L. Ruang Tunggu	1	10	12	120
	L. Kamar Tidur	1	10	12	120
	L. Wc	1	5	12	60
4	Stop Kontak	1	500	12	6000
Total Energi Harian			1225		8940

b. Energi harian Ekonomis

Dari tabel perhitungan diatas diperoleh jumlah beban yang digunakan yaitu sebanyak 6 buah, yang mana total kapasitas beban sebesar 1225 W dengan

total konsumsi energi harian sebesar 8940 Wh perhari. Untuk menentukan besarenergi harian yang dibutuhkan untuk memasok listrik selama 7 hari otonom, maka total energi harian harus dikalikan dengan 7 hari sehingga akan menghasilkan total energi 7 hari otonom sebesar 62580 Wh.

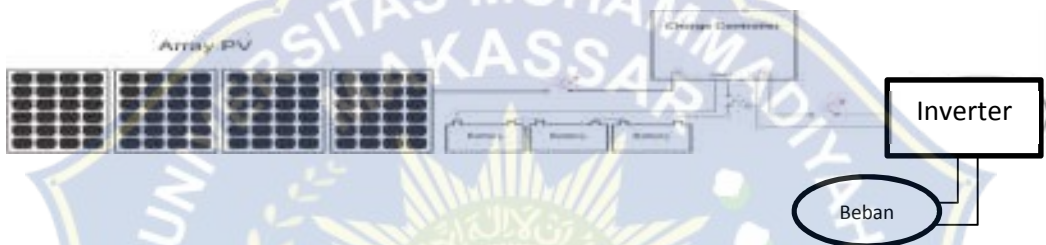
Adapun desain pelet akan titik komponen PLTS dan beban dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini:



Gambar 4.4 Desain single line sistem

c. Penencanaan PLTS

PLTS yang akan dikembangkan di Bengkel Service-Ringan diencanakan untuk menyuplai beban yang dibutuhkan. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini sistem PLTS yang akan digunakan adalah sistem *off-grid* dengan *Backup Battery Banks*. Gambar 4.3 menunjukkan diagram PLTS yang dikembangkan di Makassar terdiri dari array PV, Charger controller Baterai, Inverter dan beban.



Gambar 4.5. Diagram PLTS Off-grid

1. Daya Yang dibutuhkan PLTS (Watt Peak)

a. Area PV (Area)

Area array (PV Array) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCP}$$

Besar pemakaian energi listrik (E_L) yang akan disuplai oleh PLTS ke beban adalah sebesar 62.580 kWh. Untuk nilai insolasi harian matahari akan digunakan nilai insolasi rata-rata tahun 2017 yaitu sebesar 4,57 pemilihan nilai ini bertujuan agar pada saat insolasi harian matahari berada pada

titik paling rendah, maka PLTS yang akan dibangun dapat memenuhi kapasitas yang dibangkitkan. Efisiensi panel η (η_{PV}) ditentukan sebesar 17.64%, mengacu pada efisiensi panel η 100 Wp (Lihat tabel 4.3) yang akan digunakan pada PLTS di Bengkel serviceingan.

Untuk *Temperature Correcton Factor* (TCF) digunakan nilai sebesar 0,96. Seperti diketahui bahwa setiap kenaikan 1°C (dari 25°C standar) pada panel η , maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel η akan berkurang sekitar 0,5% (Fosterdkk.,2010). Data η maksimum untuk wilayah makassar bahwa pada 2017 η paling maksimum untuk wilayah kota Makassar adalah sebesar $32,1^{\circ}\text{C}$. Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar $7,1^{\circ}\text{C}$ dari suhu standar (25°C) yang diperlukan oleh panel surya.

Besarnya daya yang berkurang pada saat temperature di sekitar panel surya mengalami kenaikan 7°C dari temperatur standarnya, diperhitungkan dengan menggunakan rumus 2.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{saat t naik } 7^{\circ}\text{C}} &= 0.5\% / ^{\circ}\text{C} \times P_{\text{MPP}} \times \text{kenaikan temperatur } (^{\circ}\text{C}) \\
 &= 0.5\% / ^{\circ}\text{C} \times 100\text{W} \times 7,1^{\circ}\text{C} \\
 &= 3,55\text{W}
 \end{aligned}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi $32,1^{\circ}\text{C}$, maka nilai TCF dapat dihitung dengan rumus 2.2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{MPP saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C}} &= P_{\text{MPP}} - P_{\text{saat t naik } ^{\circ}\text{C}} \\
 P_{\text{MPP saat naik menjadi } 32,1^{\circ}\text{C}} &= 100\text{W} - 3,55\text{W} \\
 &= 96,45\text{ W}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maximum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 32,1°C, maka nilai TCF dapat dihitung dengan rumus 2.3 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TCF &= \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}C}}{P_{MPP}} \\ &= \frac{96,45W}{100W} \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

Efisiensi out (η_{out}) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen inverter. Dalam penelitian ini difokuskan pada penggunaan listrik arus searah (*Direct Current*) untuk meminimalkan rugi-rugi daya pada proses konversi energi listrik maka komponen inverter yang berfungsi sebagai konversi arus searah menjadi arus bolak-balik ditiadakan.

Apabila nilai E_L , G_{av} , η_{PV} , TCF disubstitusikan pada rumus 2.3, maka akan diperoleh

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF} \quad PV \text{ Area} = \frac{62,580 \text{ kWh}}{5,87 \times 0,17 \times 0,96} = 55,391 \text{ m}^2$$

b. Daya yang Dibangkitkan

Dari perhitungan area *array*, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Watt peak*) dapat dihitung dengan rumus 2.4 sebagai berikut :

$$P \text{ Watt peak} = \text{area array} \times PSI \times \eta_{PV}$$

Dengan area array adalah 65,391 m², Peak Sun Insolation (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi panel η adalah 0,17 maka :

$$P(\text{Watt peak}) = 65,391 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,17 \\ = 11116,47 \text{ Watt peak}$$

c. Jumlah Panel Surya

Panel surya yang akan dipergunakan sebagai acuan adalah panel sesuai spesifikasi tabel 4.3. panel surya ini memiliki spesifikasi P_{MPP} sebesar 100W per panel. Sehingga berdasarkan spesifikasi tersebut maka jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS yang akan dikembangkan dapat diperhitungkan dengan rumus 2.4 sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{E_d}{P_{MPP} \times A_{pm}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{62580 \text{ Wh}}{100 \text{ W} \times 5 \text{ h}} = \frac{62,580 \text{ KWh}}{0,1 \text{ KW} \times 5 \text{ h}} = \frac{62,580 \text{ KWh}}{0,5 \text{ KWh}}$$

$$= 125,16 \sim 126 \text{ panel}$$

$$= 126 \text{ panel tesusun paralel}$$

P_{watt peak} PLTS yang akan dikembangkan dengan jumlah panel surya sebanyak 126 panel adalah sebesar

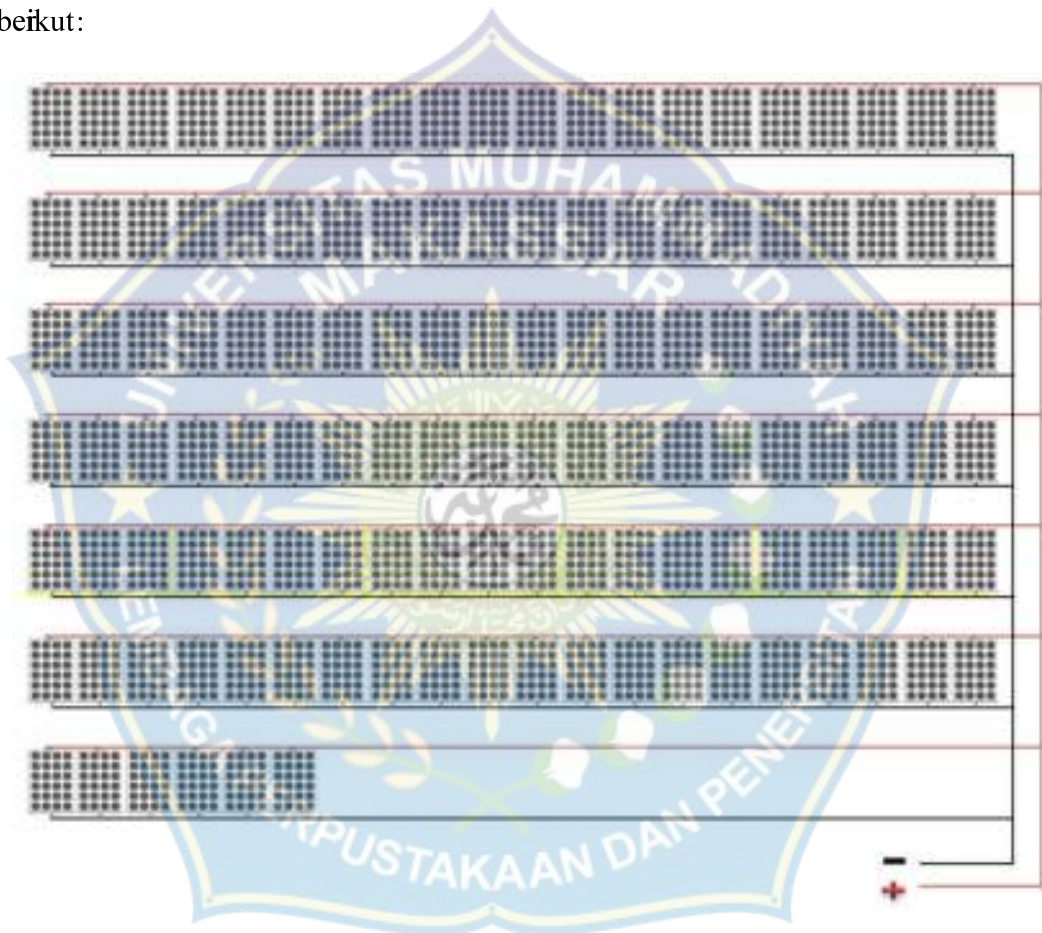
$$P_{\text{Watt peak}} = P_{\text{MPP}} \times \text{Jumlah panel surya} \\ = 100 \times 126 = 12600 \text{ Watt peak}$$

Dari nilai P_{watt peak} sebesar 12600 Wp maka luas area PLTS dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Area PLTS} = \frac{P_{\text{watt peak}}}{\text{PSI} \times \eta_{PV}}$$

$$\begin{aligned} \text{Area PLTS} &= \frac{12600 \text{ Wp}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0,17} = \frac{12600 \text{ Wp}}{170} \\ &= 74,11 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan panel yang sebanyak 126 buah yang didesain parallel dalam stfasa maka gambar angkaian panel ditunjukkan pada gambar 4.4 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6 Konfigurasi 126 panel surya parallel

Panel yang digunakan sebagai acuan dapat dilihat pada tabel 4.3. dengan spesifikasi tersebut maka besar V_{MPP} , I_{MPP} , P_{MPP} dapat dihitung sebagai berikut : $V_{MPP \text{ array}} = 18,3 \text{ V}$, $I_{MPP \text{ array}} = 5,46 \times 40 = 218,4 \text{ A}$

d. Pemasangan Panel Surya

Untuk mendapatkan energi yang maksimum maka orientasi pemasangan angkaian panel γ (*array*) ke arah matahari adalah hal yang penting untuk diperhatikan. Letak geografis yang berada pada posisi $5^{\circ}10'57.7''$ LS dan $119^{\circ}26'30.4$ BT menunjukkan bahwa wilayah Bengkulu berada dibelahan bumi selatan berdasarkan hal tersebut, maka pemasangan panel surya (*array*) untuk PLTS di Bengkulu di orientasikan mengarah ke Utara.

e. Kapasitas Baterai

Dalam pemilihan baterai harus memperhitungkan keadaan-keadaan darurat (*emergency*) seperti pada suatu keadaan tertentu terjadi hujan ataupun langit berawan selama 7 hari berturut-turut, maka kapasitas baterai haruslah tujuh kali lipat dari kapasitas yang diperlukan. Dalam penelitian ini baterai di desain dengan DOD 75%, sehingga hanya 75% dari total daya dari baterai yang akan digunakan.

Pemilihan baterai harus memperhatikan efisiensi dari baterai yang digunakan. biasanya efisiensinya adalah 90% dari kapasitas (ampere-jam/ Ah) maksimum baterai. Atau dengan kata lain, baterai yang digunakan haruslah lebih besar 10% dari kebutuhan daya pemakaian. Spesifikasi baterai yang digunakan tercantum pada tabel 4.4.

Jumlah penyimpanan energi yang dibutuhkan dapat diperhitungkan menggunakan persamaan 2.7 adalah

$$\begin{aligned} E_{rough} &= \text{Energi Harian} \times D \\ &= 8940\text{Wh} \times 7 \end{aligned}$$

$$= 62580 \text{ Wh} = 62,580 \text{ KWh}$$

Untuk mencari kapasitas minimum day untuk keamanan sistem maka digunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$E_{\text{safe}} = \frac{E_{\text{rough}}}{\text{MDCD}}$$

$$E_{\text{safe}} = \frac{62580 \text{ Wh}}{75\%} = \frac{62580}{0,75}$$

$$= 83440 \text{ Wh} = 83,440 \text{ KWh}$$

Total Kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$\text{kapasitas baterai} = \frac{E_{\text{safe}}}{V_b}$$

$$\text{kapasitas baterai} = \frac{83440 \text{ Wh}}{12 \text{ V}}$$

$$= 6953,33 \text{ Ah}$$

Jumlah minimum baterai yang dibutuhkan sesuai persamaan 2.10 adalah :

$$N_{\text{battery}} = \frac{C}{C_{\text{b}}}$$

$$N_{\text{battery}} = \frac{6953,33 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}}$$

$$= 69,53 \sim 70 \text{ Baterai}$$

Jumlah baterai yang di parallel sesuai persamaan 2.12 adalah

$$N_p = \frac{N_{\text{battery}}}{N_s}$$

$$N_p = \frac{70}{1}$$

= 70 buah baterai dipasang parallel

Dengan jumlah komponen baterai sebanyak 70 buah, agar dapat diangkai parallel maka 70 buah baterai diangkai secara parallel. Desain angkaian baterai jika di parallelkan akan ditunjukkan pada gambar 4.5 sebagai berikut :



Gambar 4.7 Desain Rangkaian 70 Baterai secara parallel

Sesuai dengan hasil perhitungan di atas maka jumlah kapasitas baterai yang mendapatkan tegangan 12V dan arus 100A. Jadi total kapasitas baterai yaitu 6953,33 Wh. Baterai yang digunakan sebagai acuan dalam desain penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.4. sebagai berikut:

Spesifikasi Baterai yang Digunakan

Tabel 4.2 Spesifikasi Baterai 1 -855-GO(12V100Ah)

Nominal +D9+A1:D1+A1:D20	12 V	
Rated capacity	100 Ah	
Aproximate Weight	30,6 kg	
Capacity 77°F (25°C)	20h rate	105.0 Ah
	10h rate	100.0Ah
	5h rate	90.0Ah
	1h rate	60.0Ah
	15h rate	42.0Ah
Internal Resistance	Full Charged Battery	Aprox. 2.6 Ω
Capacity Affected by Temperature (20h rate)	104°F (40°C)	102%
	77°F (25°C)	100%
	32°F (0°C)	85%
	5°F (-15°C)	65%
Self-Discharge 68°F(20°C)	3 month storage	90%
	6 month storage	80%
	12 month storage	60%
Max Discharge current 77°F(25°C)	2000A(5s)	
Terminal	T6/T12	
Charge (constant Voltage, 25°C)	Cycle	26.4~26.7(-24mV/°C) Max.current : 75A
	Float	13.6~13.8V(-18mV/°C)

Sumber :www.lithiumion-batteries/products/product/12v-100ah-lithiu-ion-battery.php.com

f. Karakteristik ChargeController

Untuk menghitung kapasitas *Charge Controller* maka digunakan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$I_{SSC} = I_{SC \text{ panel}} \times N_{\text{panel}} \times 125 \%$$

$$= 5,86 \times 126 \times 1,25$$

$$= 922,95 \text{ Ampere}$$

Jadi, kapasitas *Chargecontroller* yang dibutuhkan adalah minimal 922,95 A /12V.

g. Kapasitas Inverter

Untuk menghitung kapasitas Inverter maka digunakan persamaan 2.13

$$P_{inv} = 3 \times P_{beban}$$

$$P_{inv} = 3 \times 1225$$

$$= 3675 \text{ W}$$

Jadi, kapasitas inverter yang dibutuhkan adalah minimal 5000 Watt /12V.

h. Kabel Distribusi

Untuk mendistribusikan energi elektrik yang dihasilkan sistem fotovoltaik ke beban, dibutuhkan media perantara berupa kabel. Dalam penelitian ini kabel distribusi di desain sebagai penghantar arus DC dari *charge controller* ke beban.

1. Arus nominal dan masing-masing daya lam.

$$I_n = \frac{P}{V}$$

Dengan persamaan diatas maka didapatkan arus nominal untuk kompresor 500W = 2,27 A, charger battery 180 W=0,81 A, lampu penerangan 45 W=0,20 A,

Maka Kuat Hantar Aman (KHA) atau rating aman dihitung dengan persamaan berikut:

$$I_{\text{rating}} = K(125\%) \times I_n$$

Sehingga I_{rating} untuk tiap-tiap lampu adalah $500W = 2,83 \text{ A}$, $180 \text{ W} = 1,01 \text{ A}$, $45 \text{ W} = 0,25 \text{ A}$

Jadi, penghantar yang digunakan untuk arus sebesar $2,83 \text{ A}$, $1,01 \text{ A}$, $0,25 \text{ A}$ adalah kabel NYAF $1 \times 1,5 \text{ mm}$ dengan KHA maksimum 10 A .

2. Penentuan Panjang Penghantar

Panjang penghantar dari sistem ke beban yang digunakan ditambahkan 10% sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3 Panjang masing-masing penghantar

No	Jenis Beban	Panjang (m)
1	Penerangan	30
2	Kompresor	10
3	Charger Battery	10
4	Stop Kontak	10

3. Jatuh Tegangan

Sebelum menghitung jatuh tegangan suatu penghantar, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan luas penampang dan hambatan penghantar.

Untuk menentukan luas penampang maka digunakan rumus 2.14 Dimana nilai $\pi = 3,14$ dan $r = \frac{1}{2}$ dari diameter kabel.

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \times 0,56 = 1,75 \text{ mm}^2$$

Untuk menentukan hambatan penghantar digunakan rumus 2.15 dimana nilai hambatan jenis tembaga yang digunakan adalah $\rho = 0,017241 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ dan L adalah panjang kabel penghantar (Lihat Tabel 4.5).

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Hambatan masing-masing penghantar ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.4 Hambatan Masing-masing penghantar(Kabel)

No	Jenis Beban	Panjang (m)	Hambatan
			Ω/m
1	Penerangan	30	0,29556
2	Kompresor	10	0,09852
3	Charger Battery	10	0,09852
4	Stop Kontak	10	0,09852

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan studi pemanfaatan PLTS yang dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknik pada Bengkel -Service -Ringan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem PLTS BIPV akan memasok listrik pada Bengkel -Service -Ringan dengan nilai energi total untuk 7 hari otonom sebesar 62,580 KWh. Sistem PLTS yang akan dipasang untuk catudaya pada Bengkel -Service -Ringan adalah sistem PLTS yang berdiri sendiri (*stand alone*), luas PV area yang dibutuhkan adalah 65,391 m².
2. Total jumlah panel yang diperlukan sebanyak 126 panel disusun secara paralel yang diorientasikan kearah utara, dengan jumlah minimum baterai adalah 70 buah baterai.

B. Saran

1. Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan sistem pengelolaan yang memperhatikan ekonomi yang berbeda dari setiap komponen PLTS.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh sudut kemiringan pemasangan modul terhadap energi yang dihasilkan.
3. Sebaiknya pemanfaatan pembangkitan produksi energi listrik dari PLTS dioptimalkan penggunaannya pada bidang yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir 2010. *“Energi Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekonomi”* Universitas Indonesia, Jakarta.
- Akhmad, Kholid, (2011), Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Peneapannya Untuk Daerah Tepencil, *Jurnal Dinamika Rekayasa*, 1(1): 28-33
- Anggaa, I.W.G.A, Kumaa, I.N.S., Girantai, I.A.D,(2014), Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 Kw Di Universitas Udayana Bukit Jimbaran, *Spektrum*, 1(1): 118-122.
- Abdul Kadir 2010. *“Energi Sumber daya ,Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi”* Universitas Indonesia, Jakarta.
- Baharuddin, 2016. *“Prospek Desain dan Simulasi Bangunan Gedung Hemat Energi Di Daerah Tropis”* Universitas Hasanuddin, Makassar
- Christoffel E, Ram, Zega A , Bourdais S, Noel S, and Slaoui, A. (2002): Two-Dimensional Modeling of The Finegrained Polycrystalline Silicon Thin Film Solar Cells, *Thin Solid Film*, 403-403, 258-262.
- Ginski, M. (1999) *Daylighting for Sustainable design*, New York: McGraw-Hill.
- Hasan, H., (2012), Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulauaugi, *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, 10(2): 169-180.
- Muchammad dan Hendri Setiawan, 2011, *Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp Dengan Penambahan Reflektor*, Jusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- <https://wazda.co.id/pducts/abh-40a-100a-mp-solar-panel-regulabr-chage-contoller-2v24v-atu-focus-tracking-device-i412965861->
- http://www.leonics.com/support/article2_12j/articles2_12j_en.php

LAMPIRAN I
DOKUMENTASI SURVEI BENGKEL SERVICE RINGAN DI
MAKASSAR



Gambar. Pengisian



Gambar. Servisingan



Gambar. Presban

LAMPIRAN II
GAMBAR BEBAN YANG DI BUTUHKAN PADA BENGKEL SERVICE



Gambar. Kompresor

Gambar. Charger Battery

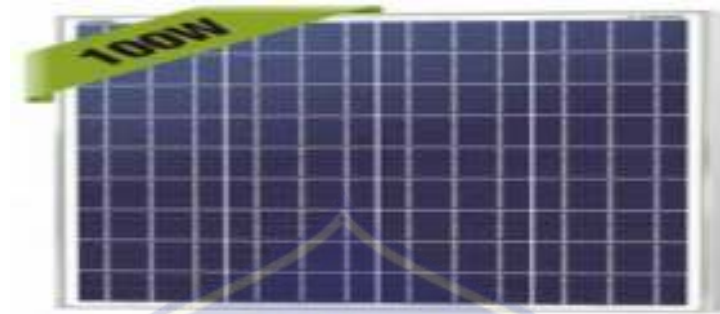


Gambar. Lampu

LAMPIRAN III

SPESIFIKASI PERALATAN YANG DI BUTUHKAN

1. Panel Surya



Gambar. Panel surya VG-100-18-P

Tabel Data Panel Surya Venus Solar Syem VG -100-18-P

Venus Solar Syem VG -100-18-P	
Maximum Power (Pmax)	100 W
Short Circuit Current (Isc)	5.86A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.1V
Maximum Power Current (Impp)	5.46A
Maximum Power Voltage (Vmpp)	18.3V
Module Efficiency	17.64%
Power Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	VDC 1000V
Suhu Koefisien ;	
Pada(Isc)	0.08%/°C
Pada(Voc)	-0.32%/°C
Pada(Pmax)	-0.38%/°C
Dimensi	1005x670x30 (mm)
Berat(Kg)	7.12Kg
Warna	Silver
Nilai Sekring Seri	8A
Jumlah Dioda	2

2. Charge Controller



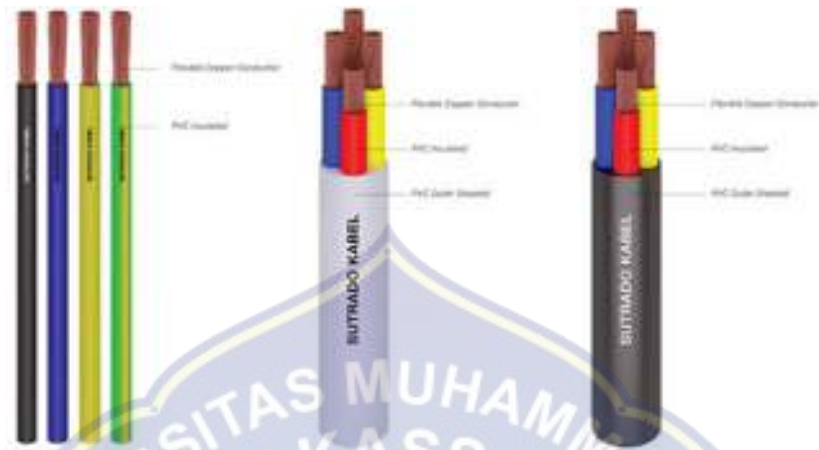
Gambar. Charger controller

3. Battery



Gambar. Battery 12 V 100 Ah

4. Kabel



Gambar. Kabel Distribusi

