

**DESAIN SISTEM LAMPU SOROT GEDUNG IQRA UNISMUH MAKASSAR
BERBASISKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
(PLTS) FOTOVOLTAIK**



MUH. YUSFA
105 82 00666 10

MUHAMMAD ASLAM AG
105 82 00636 10

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2017



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 LAMPU SOROT GEDUNG IQRA UNISMUH MAKASSAR BERBASIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PHOTOVOLTAIK.**

Nama : Muhammad Aslam AG
Muh. Yusfa Danutirto

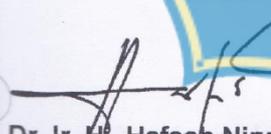
Stambuk : 105 82 00636 10
105 82 00666 10

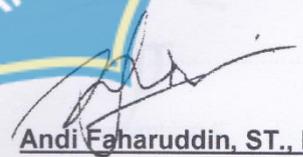
Makassar, 12 Oktober 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing :

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. H. Hafsah Nirwana, MT.


Andi Faharuddin, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro




Umar Khatu, ST., MT.

NBM 090 410



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 **Muhammad Aslam AG** dengan nomor induk 105 82 00636 10 Mahasiswa dan **Muh Yusfa Danutirto** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 00666 10, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 420/05/A.5-II/V/38/2017 sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 13 Mei 2017.

Panitia Ujian : _____ 22 Muharram 1439 H
Makassar, _____
12 Oktober 2017 M

- 1. Pengawas Umum
 - a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.
 - b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanudin
Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.
- 2. Penguji
 - a. Ketua : Ir. Abd Hafid, M.T
 - b. Sekretaris : Mutmainnah, S.T., M.T
- 3. Anggota
 - 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc
 - 2. Suriyani, S.T., M.T
 - 3. Umar Katu, S.T., M.T

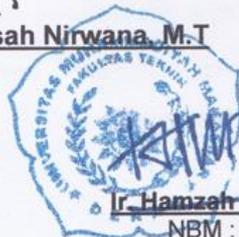
Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Andi Faharuddin, S.T., M.T



Dekan

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

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir ini adalah : *“Desain Sistem Lampu Sorot Gedung Al-Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar Berbasis PLTS-Photovoltaik”*

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, sebab itu penulis sebagai manusia biasa tidak lupuk dari kesalahan dan kekurangan baik dari segi teknik penulisan maupun dari segi perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan lapang dada atas segala koreksi serta perbaikan guna menyempurnakan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat buat kita semua.

Skripsi ini dapat terwujud atas berkat 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. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam materi menyelesaikan kuliah.

2. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Umar Katu, ST, MT. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, M.T selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Andi Faharuddin, S.T., M.T. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam bimbingan kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar terkhusus angkatan 2010 yang dengan keakraban dan persaudaran banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas 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, Januari 2017

Penulis

Muh.Yusfa DT¹, Muhammad Aslam AG²

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : Ettotarantula@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : aslamteknik@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak; Desain Sistem Lampu Sorot Gedung Iqra Unismuh Makassar Berbasiskan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) – Fotovoltaik dibimbing oleh Hafsah Nirwana dan Andi Faharuddin. Letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa dan matahari bersinar sepanjang tahun, maka tepat sekali menerapkan dan memanfaatkan energi matahari yang melimpah jumlahnya dan tidak akan ada habis-habisnya. Berdasarkan hal itu maka untuk memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia dan sebagai pengganti supply daya dari PLN, sangat tepat bila dikembangkan Fotovoltaik yaitu suatu proses yang dapat merubah sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung dengan bantuan sel surya. Untuk menerapkan penggunaan fotovoltaik maka perlu adanya desain perencanaan sistem sesuai dengan kebutuhan beban listrik. Dari hasil penelitian didapatkan, daya total beban lampu sorot LED yaitu 24,24 kWh, total jumlah panel yang diperlukan sebanyak 44 panel yang diorientasikan kearah utara, sedangkan kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 72.720 Wh dengan jumlah minimum baterai adalah 41 buah baterai. Akhirnya dapat disimpulkan bahwa gedung iqra unismuh makassar secara teknis layak menerapkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Kata kunci: Fotovoltaik, PLTS, Lampu sorot , Baterai, Desain,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Prinsip Dasar Dalam Desain Sistem Fotovoltaik	7
B. Pemilihan Lampu Penerangan	8
1. Lampu LVD (<i>Low Voltage Discharge</i>)	8
2. Lampu HPM (<i>High Pressure Mercury</i>)	9
3. Lampu HPS (<i>High Pressure Sodium</i>)	10
4. Lampu <i>Metal Halide</i>	10

5.	Lampu LED (<i>Light Emiting Diode</i>)	10
C.	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	11
1.	Sel Surya.....	11
2.	Karakteristik Sel Surya.....	12
D.	Komponen-komponen PLTS	14
1.	Panel (Modul) Surya	14
2.	Charge Controller.....	17
3.	Baterai.....	18
4.	Inverter	18
E.	Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	22
1.	★ PLTS <i>Grid Connected</i>	22
2.	PLTS Berdiri Sendiri (<i>Stand Alone</i>).....	23
F.	Kapasitas Komponen PLTS	23
1.	Jumlah panel surya.....	23
2.	Menghitung Area Array	24
3.	Menghitung daya yang dibangkitkan	24
4.	Kapasitas Charge Controller.....	25
5.	Kapasitas Baterai.....	26
6.	Kapasitas Inverter.....	29
7.	Kabel distribusi	29
BAB III METODE PENELITIAN		31

A. Tempat dan Waktu Penelitian	31
B. Metode Pengumpulan Data	31
C. Jenis Data.....	31
1. Data Primer	32
2. Data Sekunder	32
D. Skema Desain Penelitian	32
E. Tahapan Penelitian.....	32
F. Skema Penelitian.....	35
BAB IV PEMBAHASAN.....	36
A. Profil gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar	36
B. Perencanaan pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	37
1. Menghitung energy listrik yang akan disuplai(beban)	37
2. Menentukan Sistem PLTS	39
3. Daya yang dibangkitkan PLTS (<i>Watt peak</i>).....	40
a. Menghitung area <i>Array</i> (PV Area).....	40
b. Menghitung Daya yang dibangkitkan	43
c. Menghitung Jumlah Panel	44
d. Pemasangan Panel Surya	46
e. Menghitung Kapasitas Baterai.....	46
f. Kapasitas Charge Controller.....	50
4. Kabel Distribusi.....	51

a. Arus Nominal Pada Masing-masing sesuai daya lampu sorot LED	51
b. Penentuan Panjang saluran dan jenis penghantar	51
c. Menentukan Luas Penampang Kabel	52
d. Jatuh tegangan.....	53
 BAB V PENUTUP	 54
A. Kesimpulan	54
B. Saran	55
TINJAUAN PUSTAKA	56



DAFTAR TABEL

2.1 Rata-rata tekanan udara, kecepatan angin, penyinaran dikota Makassar 2013 ..	17
2.2. Data Insolasi Harian Matahari kota Makassar	17
4.1 Data Teknik Lampu Sorot	38
4.2 Perencanaan beban gedung iqra unismuh makassar	38
4.3 Data panel surya Venus Solar System VG-100-18-P.....	41
4.4 Spesifikasi baterai PK 250-12(12V100Ah)	50



DAFTAR GAMBAR

2.1 Struktur Sel Surya	12
2.2 Kurva I-V dengan <i>maksimum power point</i> (MPP)	13
2.3 Hubungan DOD dengan siklus hidup baterai	21
2.4 Diagram sistem PLTS- <i>Grid Connected</i>	22
2.5 Diagram Sistem PLTS berdiri sendiri dengan baterai.....	23
3.1 Skema Penelitian.....	35
4.1 Gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar.....	36
4.2 Instalasi Peletakan titik Lampu sorot dan lokasi pemasangan panel surya(<i>Array</i>) pada gedung Iqra, (tampak atas).....	39
4.3 Wiring Diagram PLTS <i>Off-Grid</i>	39
4.4 Rangkaian panel surya seri-paralel.....	45
4.5 Desain rangkaian baterai secara seri-paralel	49

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di Indonesia konsumsi energi masih didominasi oleh energi fosil. Tingginya laju konsumsi energi ini mengakibatkan ketimpangan antara laju pengurusan sumber daya fosil (minyak bumi, gas dan batubara) dengan kecepatan untuk menemukan cadangan baru sehingga diperkirakan dalam waktu yang tidak lama lagi cadangan energi fosil akan habis dan Indonesia akan sangat tergantung pada energi impor (EBTKE, 2014).

Dapat diketahui bahwa PLN sebagai penyedia utama energi listrik di Indonesia tidak selamanya kontinu dalam menyalurkan sumber energi. Suatu saat pasti terjadi pemadaman total yang disebabkan oleh gangguan dan pemeliharaan sistem pembangkit atau gangguan pada sistem transmisi, dan sistem distribusi sedangkan suplai energi listrik sangat diperlukan terus menerus berdasarkan hal tersebut maka dibutuhkan sumber energi lain selain PLN.

Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan seperti tenaga air (termasuk minihidro), panas bumi, biomassa, angin dan surya (matahari) yang bersih dan ramah lingkungan. Pemanfaatan energi baru ini belum maksimal diterapkan di Indonesia, hal ini disebabkan oleh kendala investasi yang sangat besar salah satunya dalam pengadaan barang yang sampai saat ini masih di impor dari luar Indonesia sehingga kalah bersaing dengan

pembangkitan energi konvensional. Akan tetapi, penerapan pembangkitan energi listrik terbarukan mutlak dilaksanakan. Dengan melihat letak geografis Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa. Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m^2 per hari di seluruh wilayah Indonesia (Dewan Energi Nasional, 2014).

Saat ini, penggunaan pembangkit energi terbarukan khususnya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Indonesia hanya terfokus pada lokasi yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN (*isolated*) seperti pulau-pulau dan daerah terpencil. Akan tetapi dalam perspektif penghematan energi seharusnya penerapan pembangkit listrik tenaga surya harus dimulai dari kota-kota besar, selain karena penambahan penduduk di kota besar terus meningkat dengan kehidupan modernnya juga disebabkan oleh adanya perusahaan besar, industri-industri besar, perhotelan, kantor-kantor, lembaga pendidikan pusat perbelanjaan, dll yang memerlukan pasokan listrik yang besar. Solar panel pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tidak membutuhkan lahan khusus seperti pembangkit listrik konvensional, sehingga sangat ideal diterapkan di lingkungan perkotaan yang minim lahan kosong.

Kota Makassar adalah salah satu kota besar yang berada di Indonesia. Dari aspek pembangunan dan infrastruktur, kota Makassar tergolong salah satu kota metropolitan yaitu urutan kedua terbesar di luar pulau Jawa. Dengan memiliki wilayah seluas $199,26 \text{ km}^2$ dan jumlah penduduk lebih

dari 1,6 juta jiwa (Wikipedia, 2016). Sebagai kota metropolitan, Makassar membutuhkan pasokan energi listrik yang besar untuk menunjang roda ekonomi dan infrastruktur terutama dalam bidang industri, perhotelan, kantor serta lembaga pendidikan.

Universitas adalah suatu institusi pendidikan tinggi dan penelitian yang memberikan gelar akademik dalam berbagai bidang (Wikipedia, 2016). Universitas Muhammadiyah Makassar adalah salah satu perguruan tinggi muhammadiyah yang merupakan amal usaha muhammadiyah dalam mengembangkan pendidikan khususnya pada jenjang pendidikan tinggi (Unismuh, 2016). Universitas Muhammadiyah Makassar telah memiliki 7 Fakultas, 34 Program Studi dan Program Pasca sarjana. Untuk mendukung pendidikan, Unismuh membangun beberapa fasilitas berupa gedung fakultas, gedung rektorat, rusunawa, perpustakaan, masjid termasuk balai sidang dan gedung Iqra.

Gedung Iqra merupakan gedung tertinggi di Universitas Muhammadiyah Makassar terdiri dari 18 lantai setinggi 83.11 meter dengan sayap gedung di kedua sisinya terdiri dari 10 lantai setinggi 36 meter masing-masing seluas 175.2 m². Gedung ini memiliki luas pelataran 2804.44 m². Saat ini gedung Al Iqra difungsikan sebagai Unismuh Bussines Centre, fakultas serta ruang perkuliahan, dll.

Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala kecil telah dilakukan di beberapa titik pada sektor pencahayaan jalan, hal ini dapat

dikembangkan untuk sektor pencahayaan di tempat lain. Salah satunya adalah pencahayaan gedung Iqra di Universitas Muhammadiyah Makassar menggunakan lampu sorot berbasis pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain sistem PLTS yang dapat diterapkan untuk memasok energi listrik pada lampu sorot gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar?
2. Bagaimana kelayakan pemanfaatan PLTS dilihat dari aspek teknis?

C. Batasan Masalah

Untuk menghindari ruang lingkup pembahasan yang terlalu luas dan jauh dari tujuan yang ingin dicapai, maka dipandang perlu membatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Sistem PLTS yang akan diterapkan adalah sistem *Off Grid* dengan Backup *Battery Banks*.
2. Untuk mendapatkan efisiensi penerangan digunakan lampu sorot LED.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendesain sistem PLTS yang dapat dikembangkan untuk memasok listrik pada lampu sorot gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Untuk mengetahui tingkat kelayakan pemanfaatan PLTS dilihat dari aspek teknis.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan pengetahuan pengembangan energi terbarukan yang bersumber dari energi matahari sebagai pembangkit energi listrik di lingkungan Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Memberikan sumbangan pemikiran berupa aplikasi dari teori dalam memperkaya wawasan pengembangan pembangkit listrik dari energi terbarukan.
3. Sebagai langkah awal penerapan energi terbarukan di lingkungan lembaga pendidikan yaitu Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Menjadikan Universitas Muhammadiyah Makassar sebagai lembaga pendidikan yang mendukung pemanfaatan energi baru yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

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 waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok dan gambar rangkaian penelitian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan 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 kesimpulan dan saran akhir dari perakitan 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. Prinsip Dasar dalam Desain Sistem Fotovoltaik

Menurut Davis (2001), Perhatian terhadap desain instalasi sangat penting, studi terbaru menemukan 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, *switch*, inverter, dll.
6. Mempersiapkan tempat untuk mengelola sistem baterai sesuai kebutuhan yang diperlukan.

7. Memastikan desain memenuhi persyaratan interkoneksi dengan jaringan listrik lokal.

B. Pemilihan Lampu Penerangan

Pemilihan jenis dan kualitas lampu penerangan didasarkan efektifitas dan nilai ekonomi lampu, yaitu nilai efektifitas(lumen/watt) lampu yang tinggi dan umur rencana yang panjang. Muhaimin 2001(*lihat Pringaton dkk, 2011:22*). Jenis lampu sebagai berikut :

1. Lampu LVD (*Low Voltage Discharge*)

Lampu LVD memiliki tiga bagian utama yaitu sebuah *ballast* dengan frekuensi tinggi, sebuah kumparan induksi, sebuah lampu.

Cahaya yang dihasilkan dari benturan elektron dari pelepasan dua elektroda yang mengenai lapisan / dinding *flour* pada tabung lampu. Pada lampu induksi Elektroda yaitu anoda dan katoda dihilangkan. Pengganti untuk menggerakkan elektron degunakan medan magnet yang dihasilkan dari lilitan yang diinduksi listrik. Kalau listrik tidak mengalir lilitan maka tidak induksi dan tidak ada medan magnet maka lampu tidak menyala. Tetapi apabila listrik mengalir lampu secara serta merta dengan instan menyala. Itulah prinsipnya yang dipakai pada lampu induksi. Itulah makanya jenis lampu ini disebut lampu *electrode-less* atau lampu induksi.

LVD *Induction* sangat cocok digunakan untuk penghematan energi dan tempat yang tinggi yang sulit dijangkau, seperti : lampu tinggi untuk

pabrik, lampu sorot, lampu penerangan jalan/PJU, terowongan maupun lemari pendingin

2. Lampu HPM (*High Pressure Mercury*)

Pada jenis lampu merkuri tekanan tinggi, pembatas arus pelepasan menggunakan *ballast*, karena itu faktor dayanya relatif rendah yaitu 0,5. Tabung dalam terbuat dari gelas keras sehingga mampu digunakan pada temperatur relative tinggi.

Cara kerja lampu merkuri terdiri dari 3 (tiga) tahapan yaitu pengapian, proses pencapaian stabil. Pada saat suplai tegangan diberikan terjadi medan listrik antara elektroda kerja awal dengan salah satu elektroda utama. Hal ini menyebabkan pelepasan muatan kedua elektroda dan memanaskan merkuri yang ada disekelilingnya. Untuk menguapkan merkuri tersebut diperlukan waktu 4 hingga 8 menit. Setelah semua merkuri menjadi gas, resistansi elektroda kerja awal naik karena panas arus mengalir antar elektroda utama melalui gas. Warna kerja awal kemerahan dan setelah kerja normal sinar yang dihasilkan berwarna putih.

Kelemahan lampu HPM adalah semakin sering pensaklaran (*switching*) akan memperpendek umur lampu karena pada awal penyalaan terjadi panas yang melebihi normal.

3. Lampu HPS (*High Pressure Sodium*)

Lampu HPS lebih kecil dan mengandung unsur tambahan seperti raksa dan menghasilkan cahaya orange kemerahjambuan. Beberapa bola lampu

juga menghasilkan cahaya putih kebiruan. Ini mungkin dari cahaya raksa sebelum natrium menguap sempurna. Jalur-D natrium adalah sumber cahaya utama dari lampu HPS dan spektrum sempit ini dilebarkan oleh natrium tekanan tinggi dalam lampu. Karena pelebaran ini dan pancaran dari raksa, warna benda yang diterangi dapat dibedakan. Ini membuatnya digunakan di tempat yang diinginkan perbedaan warna yang baik.

Lampu HPS disukai untuk penyorotan tumbuhan dalam ruangan karena lebarnya spektrum suhu warna yang dihasilkan dan efisiensinya yang relative tinggi.

4. **Lampu Metal Halide**

Lampu *discharge* dimana sebagian besar dari cahaya yang dihasilkan oleh radiasi dari campuran uap logam (misalnya : air raksa) dan penguraian (*dissosiasi*) halide (*helium thallium, indium* atau *natrium*).

5. **Lampu LED (Light Emitting Diode)**

LED didefinisikan sebagai salah satu semikonduktor yang mengubah energi listrik menjadi cahaya. Sebagaimana dioda lainnya LED terdiri dari bahan semikonduktor P dan N. Bila sumber diberikan pada LED kutub negatif dihubungkan dengan N dan kutub positif dengan P maka lubang (*hole*) akan mengalir kearah N dan elektron mengalir kearah P.

LED merupakan perangkat keras dan padat (*solid-state component*) sehingga unggul dalam hal ketahanan (*durability*). Umur Lampu LED dapat mencapai 50.000 jam, hal ini dikarenakan tegangan kerja arus searah (VDC)

konstan. Meskipun di suplai dari arus AC, namun di dalam LED terdapat *stabilizer* yang menstabilkan suplai arus AC tersebut.

C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu pembangkit yang menkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel-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 pencatu daya dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik dari yang kecil sampai dengan yang besar, baik secara mandiri maupun hibrida.

1. Sel Surya

Sel surya fotovoltaic merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya sel tersebut merupakan suatu diode semikonduktor yang bekerja menurut suatu proses khusus yang merupakan proses tidak seimbang (*non-equilibrium*) dan berlandaskan efek (*fotovoltaic effect*).

Sel surya tersusun dari dua lapisan semikonduktor dengan muatan berbeda. Lapisan atas sel surya bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Silikon adalah bahan semikonduktor yang paling umum digunakan untuk sel surya. Ketika cahaya mengenai permukaan sel

surya, beberapa foton dari cahaya diserap oleh atom semikonduktor untuk membebaskan elektron dari ikatan atomnya sehingga menjadi elektron yang bergerak bebas. Adanya perpindahan elektron-elektron inilah yang menyebabkan terjadinya arus listrik.

Quaschnig, 2005

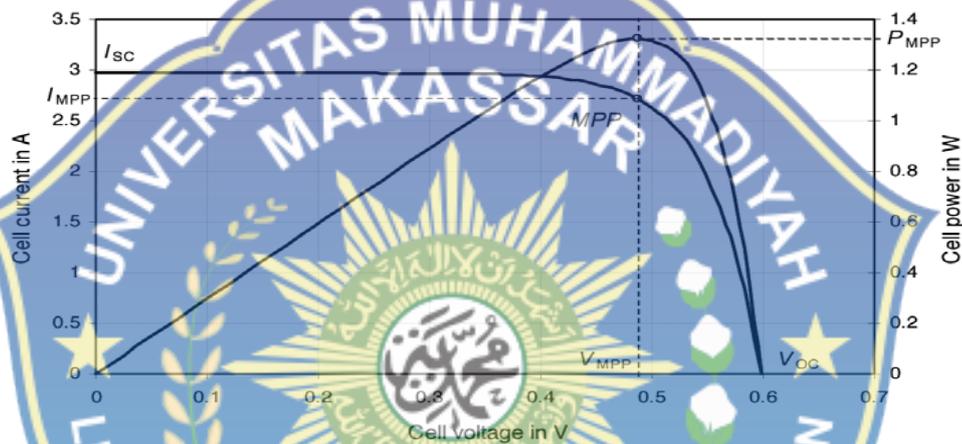


Gambar 2.1 Struktur Sel Surya (Quaschnig, 2005)

2. Karakteristik Sel Surya

Total pengeluaran listrik (*Watt*) dari sel surya adalah sama dengan tegangan (*V*) operasi dikalikan dengan arus (*I*) operasi. Tegangan serta arus keluaran yang dihasilkan ketika sel surya memperoleh penyinaran merupakan karakteristik yang disajikan dalam bentuk kurva gambar 2.2 . Kurva ini menunjukkan bahwa pada saat arus dan tegangan berada pada titik kerja maksimal (*Maximum Power Point*) maka akan menghasilkan daya keluaran maksimum (P_{MPP}). Tegangan di *Maximum Power Point* (MPP) V_{MPP} , lebih kecil dari tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dan arus saat MPP I_{MPP} , adalah lebih rendah dari arus *short circuit* (I_{sc})

- a) *Short Circuit Current (I_{sc})* : terjadi pada suatu titik dimana tegangannya adalah nol, sehingga pada saat ini, daya keluaran adalah nol.
- b) *Open Circuit Voltage (V_{oc})* : terjadi pada suatu titik dimana arusnya adalah nol, sehingga pada saat ini pun daya keluaran adalah nol.
- c) *Maximum Power Point (MPP)* : adalah titik daya output maksimum, yang sering dinyatakan sebagai "knee" dari kurva I-V.



Sumber: Quashning, 2005

Gambar 2.2 Kurva I-V dengan *Maximum Power Point (MPP)*.

D. 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 merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel ini tersusun dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun parallel. 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:

a. Temperatur

Sebuah panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur yang diterimanya tetap normal pada temperatur 25⁰C. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada panel surya akan melemahkan tegangan (Voc) yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperatur panel surya 1⁰C (dari 25⁰C) 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 $^{\circ}\text{C}$ dari temperature standarnya, dipergunakan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

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

P_{MPP} = daya keluaran maksimum panel surya.

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi $t^{\circ}\text{C}$ dari temperatur standarnya diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

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

Faktor koreksi temperatur (*Temperature Correction Factor*) diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

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

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)

b. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari akan berpengaruh pada daya keluaran panel surya. Semakin rendah intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya maka arus (I_{sc}) 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)

c. Orientasi Panel Surya (Array)

Orientasi dari rangkaian panel surya (*array*) ke arah matahari adalah penting, agar panel surya (*array*) dapat menghasilkan energi maksimum. Misalnya, untuk lokasi yang terletak di belahan bumi Utara maka panel surya (*array*) sebaiknya diorientasikan ke Selatan. Begitu pula untuk lokasi yang terletak di belahan bumi Selatan maka panel surya (*array*) diorientasikan ke Utara.

d. Sudut Kemiringan Panel Surya (Array)

Sudut kemiringan memiliki dampak yang besar terhadap radiasi matahari di permukaan panel surya. Untuk sudut kemiringan tetap, daya

maksimum selama satu tahun akan diperoleh ketika sudut kemiringan panel surya sama dengan lintang lokasi (Foster dkk., 2010). Misalnya panel surya yang terpasang di khatulistiwa (lintang = 0o) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0o), akan menghasilkan energi maksimum.

2. *Charger Controller*

Charge controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus searah dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke peralatan listrik (Beban). *Charge controller* mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah terisi penuh maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Chargercontroller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan telah mencapai level terendah, maka baterai akan diisi kembali. *Charger controller* adalah indikator yang akan memberikan informasi mengenai kondisi baterai sehingga pengguna PLTS dapat mengendalikan konsumsi energi menurut ketersediaan listrik yang terdapat dalam baterai.

3. Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Baterai yang dipergunakan pada PLTS mengalami proses siklus mengisi (*Charging*) dan

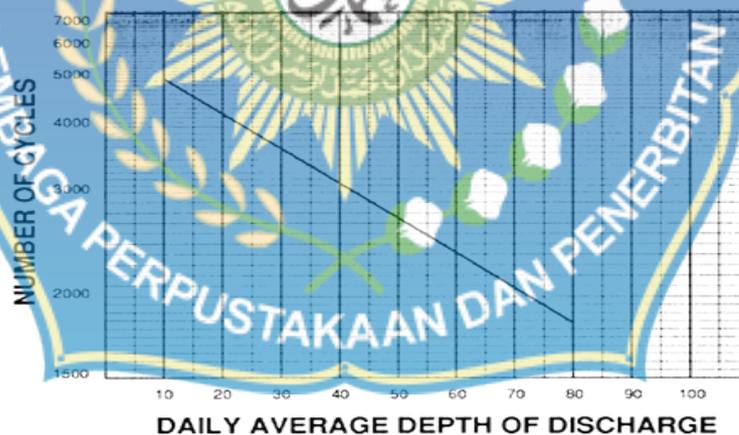
mengosongkan (*Discharging*), tergantung pada ada atau tidaknya sinar matahari. Selama ada sinar matahari, panel surya akan menghasilkan energi listrik. Apabila energi listrik yang dihasilkan tersebut melebihi kebutuhan bebannya, maka energi listrik tersebut akan segera dipergunakan untuk mengisi baterai. Sebaliknya selama matahari tidak ada, permintaan energi listrik akan disuplai oleh baterai. Proses pengisian dan pengosongan ini disebut satu siklus baterai.

Ada dua jenis baterai isi ulang yang dapat dipergunakan untuk sistem PLTS, yaitu baterai Asam Timbal (*Lead Acid*) dan baterai *Nickel-Cadmium*. Akan tetapi karena memiliki efisiensi yang rendah dan biaya yang lebih tinggi, membuat baterai *Nickel-Cadmium* relatif lebih sedikit dipergunakan dalam sistem PLTS. Sebaliknya baterai Asam Timbal adalah baterai dengan efisiensi tinggi dengan biaya yang lebih ekonomis. Hal inilah membuat baterai Asam Timbal menjadi perangkat penyimpanan yang penting untuk beberapa tahun ke depan, terutama untuk sistem PLTS ukuran menengah dan besar.

Kapasitas baterai umumnya dinyatakan dalam *Ampere hour* (Ah). Nilai Ah pada baterai menunjukkan nilai arus yang dapat dilepaskan, dikalikan dengan nilai waktu untuk pelepasan tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka secara teoritis, baterai 12 V, 200 Ah harus dapat memberikan baik 200 A selama satu jam, 50 A selama 4 jam, 4 A untuk 50 jam, atau 1 A untuk 200 jam. Pada saat mendesain kapasitas baterai yang akan dipergunakan dalam

sistem PLTS, penting juga untuk menentukan ukuran hari-hari otonomi (*days of autonomy*).

Suatu ketentuan yang membatasi tingkat kedalaman pengosongan maksimum, diberlakukan pada baterai. Tingkat kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge*) baterai biasanya dinyatakan dalam persentase. Misalnya, suatu baterai memiliki DOD 80%, ini berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia dapat dipergunakan dan 20% tetap berada dalam cadangan. Pengaturan DOD berperan dalam menjaga usia pakai (*life time*) dari baterai tersebut. Semakin dalam DOD yang diberlakukan pada suatu baterai maka semakin pendek pula siklus hidup dari baterai tersebut. Gambar 2.3, menunjukkan hubungan antara DOD dengan siklus hidup baterai.



Gambar 2.3 Hubungan DOD dengan Siklus Hidup Baterai.

4. Inverter

Inverter adalah peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (*direct current*) dari panel surya atau baterai menjadi arus listrik bolak-balik (*alternating current*) dengan frekuensi

50Hz/60Hz. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga tergantung pada apakah inverter akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sebesar 90%.

Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, inverter dikelompokkan menjadi tiga yaitu inverter dengan gelombang keluaran berbentuk *square*, *modified*, dan *true sine wave*. Inverter yang terbaik adalah yang mampu menghasilkan gelombang sinusoida murni atau *true sine wave* yaitu bentuk gelombang yang sama dengan bentuk gelombang dari jaringan listrik (*grid utility*).

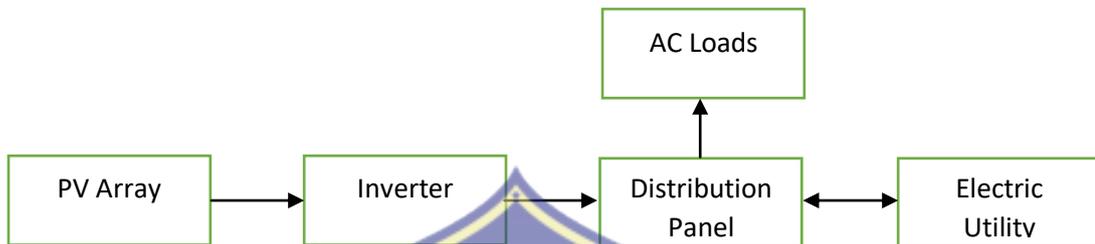
E. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sistem PLTS umumnya diklasifikasikan menurut konfigurasi komponennya. Pada prinsipnya ada dua klasifikasi sistem PLTS yaitu PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik (*PLTS-Grid Connected*) dan PLTS yang berdiri sendiri (*Stand Alone*).

1. PLTS *Grid Connected*

Sistem PLTS *GridConnected* pada dasarnya menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik (PLN). Komponen utama dalam sistem ini adalah inverter. Inverter inilah nantinya yang berfungsi untuk mengubah daya DC yang dihasilkan oleh PLTS menjadi daya AC sesuai dengan persyaratan dari

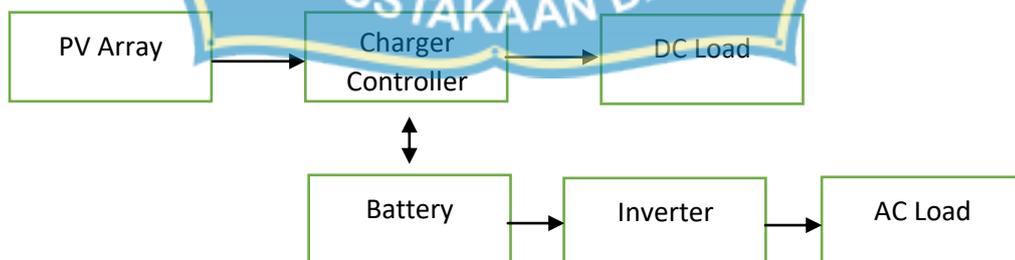
jaringan listrik yang terhubung (*utility grid*). Gambar 2.4 menunjukkan diagram dari sistem PLTS-*Grid connected*.



Gambar 2.4 Diagram Sistem PLTS-*Grid Connected*

2. PLTS Berdiri Sendiri (*Stand-Alone*)

Sistem PLTS yang berdiri sendiri (*Stand-Alone*) dirancang beroperasi mandiri untuk memasok beban DC atau AC. Jenis sistem ini dapat diaktifkan oleh *array fotovoltaic* saja, atau dapat menggunakan sumber tambahan energi lain, seperti : air, angin dan mesin diesel. Baterai digunakan pada kebanyakan sistem PLTS yang berdiri sendiri untuk penyimpanan energi. Gambar 2.5 menunjukkan diagram dari PLTS yang berdiri sendiri.



Gambar 2.5 Diagram Sistem PLTS Berdiri Sendiri dengan baterai.

F. Kapasitas Komponen PLTS

1. Jumlah Panel Surya

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

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

Dimana :

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

P_{MPP} = Daya maksimum keluaran (*output*) panel surya (W)

2. Menghitung Area Array (PV Array)

Area array (PV Array) diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Satriani:2011) :

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

Dimana :

E_L = pemakaian energi (kWh/hari)

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

η_{PV} = efisiensi panel surya.

TCF = *Temperature Correction Inverter*.

η_{out} = efisiensi inverter.

3. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*Watt Peak*)

Dari perhitungan area array, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Watt peak*) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut (Satriani:2011) :

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

Dimana :

$$\text{PSI (Peak Solar Insolation)} = 1000 \text{ W/m}^2$$

η_{PV} = efisiensi panel surya.

Untuk memperoleh besar tegangan, arus dan daya yang sesuai dengan kebutuhan, maka panel-panel surya tersebut harus dikombinasikan secara seri dan paralel dengan aturan sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan keluaran panel surya, maka dua buah (lebih) panel surya harus dihubungkan secara seri.
2. Untuk memperoleh arus keluaran yang lebih besar dari arus keluaran panel surya, maka dua buah (lebih) panel surya harus dihubungkan secara paralel.
3. Untuk memperoleh daya keluaran yang lebih besar dari daya keluaran panel surya dengan tegangan yang konstan maka panel-panel surya harus dihubungkan secara seri dan paralel.

4. Charger Controller

Charge controller diperlukan untuk melindungi baterai dari pengosongan dan pengisian berlebih. Masukan atau keluaran untuk Charge controller disesuaikan dengan arus (I_{MPP}) keluaran *array* dan tegangan baterai. Terdapat dua jenis charger controller berdasarkan teknologi yang digunakan, yaitu:

- a. PWM (*pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan lebar pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*. *Solar charge controller* jenis ini harganya lebih murah tetapi efisiensi konversi energinya lebih rendah.
- b. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC. MPPT dapat mengambil maksimum daya dari PV. MPPT charge controller dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai. *Solar Charge Controller* jenis ini harganya lebih mahal tetapi efisiensi konversi energinya lebih rendah.

Untuk menghitung kapasitas charge controller dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut: (al-shamani.2015)

$$I = I_{SC} \times N_p \times F_{safe} \dots \dots \dots 2.7$$

Dimana :

I = Arus (Ampere)

I_{SC} = *Short circuit current*

N_p = Jumlah baterai paralel

F_{safe} = *Safety factor*

5. Kapasitas Baterai

Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : (al-shamani.2015)

$$E_{rough} = E \times D \dots\dots\dots 2.8$$

Dimana :

E_{rough} = Jumlah penyimpanan energy yang dibutuhkan

D = hari-hari otonomi (hari)

E = Total konsumsi energi (kWh)

Untuk keamanan energi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E_{safe} = \frac{E_{rough}}{MDOD} \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana :

E_{safe} = Keamanan energy

E_{rough} = Jumlah penyimpanan energy yang dibutuhkan

MDOD = *Maximum depth of discharge*

Untuk menghitung kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus :

$$C = \frac{E_{safe}}{V_b} \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana :

C = Total Kapasitas baterai (Ah)

E_{safe} =Keamanan energi

V_b = Voltage Battery (V)

Untuk perhitungan jumlah total baterai dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Al-sahami:2015) :

$$N_{batteries} = \frac{C}{C_b} \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana :

$N_{batteries}$ = Jumlah baterai

C = Total kapasitas baterai

C_b = Kapasitas baterai

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

$$N_s = \frac{V_{DC}}{V_b} \dots\dots\dots 2.12$$

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 :



$$N_p = \frac{N_{batteries}}{N_s} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana :

N_p = Jumlah baterai paralel

$N_{batteries}$ = Jumlah baterai

N_s = Jumlah baterai seri

6. Kapasitas Inverter

Pada pemilihan inverter, diupayakan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya yang dilayani. Hal ini agar efisiensi kerja inverter menjadi maksimal.

7. 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 tiap konduktor. Satuan umum yang digunakan adalah millimeter persegi (mm^2). Tingkat arus dari suatu kabel adalah besarnya arus maksimum yang dapat dialirkan melalui kabel tersebut tanpa menyebabkan kabel menjadi panas. Menurut Kessler,1995

(Lihat Wibawa 2008:29). Untuk mencari jatuh tegangan pada penghantar, terlebih dahulu menentukan luas penampang dan hambatan penghantar menggunakan persamaan sebagai berikut. :

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

Dimana

A = luas penampang (mm²)

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)

$$\Delta V = I \cdot R \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana

ΔV = Jatuh tegangan (V)

I = Arus beban (A)

R = Hambatan (ohm)

$\cos \varphi$ = untuk arus searah 1

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini tentang pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai pemasok energi listrik pada lampu sorot di Gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar. waktu penelitian dilakukan mulai februari 2017 sampai april 2017.

B. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Metode Observasi, yaitu pengumpulan data dengan pengamatan secara langsung di Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal yang relevan dengan topik penelitian.

C. Jenis data

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu

1. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan survei langsung ke lokasi penelitian. Data-data tersebut antara lain adalah data luas area penempatan *Array* panel fotovoltaik, data jumlah daya (*watt*) lampu sorot yang akan terpasang di gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui literatur dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan pemanfaatan tenaga surya sebagai pembangkit tenaga listrik.

D. Skema Desain Penelitian



E. Tahapan Penelitian

Penelitian tentang Desain Lampu Sorot Gedung Iqra Unismuh Makassar Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Fotovoltaik, dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data mulai dari data jumlah daya lampu sorot yang akan digunakan, luas area *Array Fotovoltaik*, untuk gedung Iqra Unismuh Makassar.
2. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS.

PLTS yang akan dikembangkan di gedung Iqra Unismuh Makassar direncanakan untuk menyuplai lampu sorot dengan sistem *off-Grid* dengan rentang waktu pukul 18.00 WITA sampai dengan pukul 06.00 WITA.

3. Menghitung daya yang akan dibangkitkan PLTS.

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

Luas area *array* diperhitungkan dengan menggunakan rumus 2.3 sebagai berikut:

$$PV = \frac{E_L}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{Out}}$$

b. Menghitung daya yang dibangkitkan.

Berdasarkan luas area *array* maka besar daya PLTS akan dibangkitkan dapat diperhitungkan dengan rumus 2.4 sebagai berikut :

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

c. Menghitung kapasitas komponen PLTS.

Jumlah panel yang diperlukan untuk PLTS diperhitungkan dengan rumus 2.5 sebagai berikut :

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

d. Menghitung kapasitas inverter berdasarkan kapasitas beban yang dilayani.

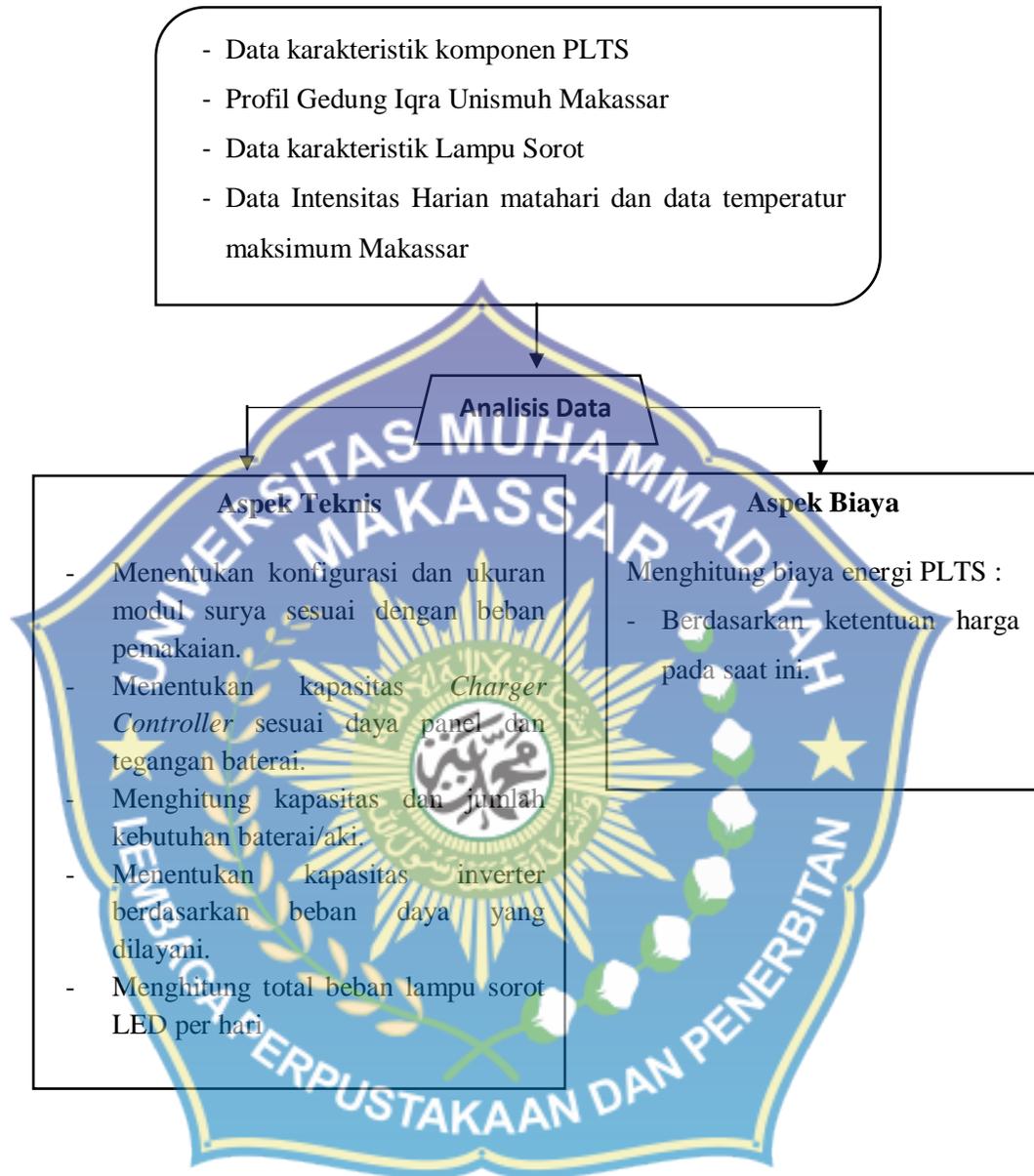
4. Menentukan pemasangan panel surya.

Pemasangan panel surya ditentukan berdasarkan orientasi pemasangan, struktur rak penyangga dan sudut kemiringan.

F. Desain/Skema

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





Gambar 2.6 Skema Penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

A. Profil Gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar

Universitas Muhammadiyah Makassar adalah salah satu perguruan tinggi Muhammadiyah yang merupakan amal usaha Muhammadiyah dalam mengembangkan pendidikan khususnya pada jenjang pendidikan tinggi (Unismuh, 2016). Universitas Muhammadiyah Makassar telah memiliki 7 Fakultas, 34 Program Studi dan Program Pasca sarjana. Untuk mendukung pendidikan, Unismuh membangun beberapa fasilitas berupa Gedung Fakultas, Gedung Rektorat, rusunawa, perpustakaan, masjid termasuk balai sidang dan Gedung Iqra.



Gambar 4.1 Gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar

Gedung Iqra merupakan gedung tertinggi di Universitas Muhammadiyah Makassar terdiri dari 18 lantai setinggi 83.11 meter dengan sayap gedung di kedua sisinya terdiri dari 10 lantai setinggi 36 meter masing-masing seluas 175.2 m². Gedung ini memiliki luas pelataran 2804.44 m². Saat ini gedung Al Iqra difungsikan sebagai Unismuh Bussines Centre, fakultas serta ruang perkuliahan, dll.



Gambar. 4.2 Tampak Depan Gedung iqra' Unismuh Makassar

B. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

1. Menghitung energi listrik yang akan disuplai (Beban)

Penentuan 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 direncanakan berupa lampu sorot LED dengan spesifikasi yang data tekniknya dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Data Teknik Lampu Sorot (PT.Hexamitra Daya Prima)

TECHNICAL DATA	MODEL		
	RT410FL-S	RT660FL-S	RT470FL-S
LED Power	100w	200W	250W
Voltage : AC	100-277V	100-277V	100-277V
DC	12/24V	12/24V	12/24V
Power factor	>0,9	>0,9	>0,9
Power efisiensi (%)	>90	>90	>90
LED Lumens (lm/W)	130-140	130-140	130-140
Lighting Efisiensi Lumens	110	110	110
Color temperature	2700-7000K	2700-7000K	2700-7000K
Angle(°)	40°-80°	100°	30°-50°

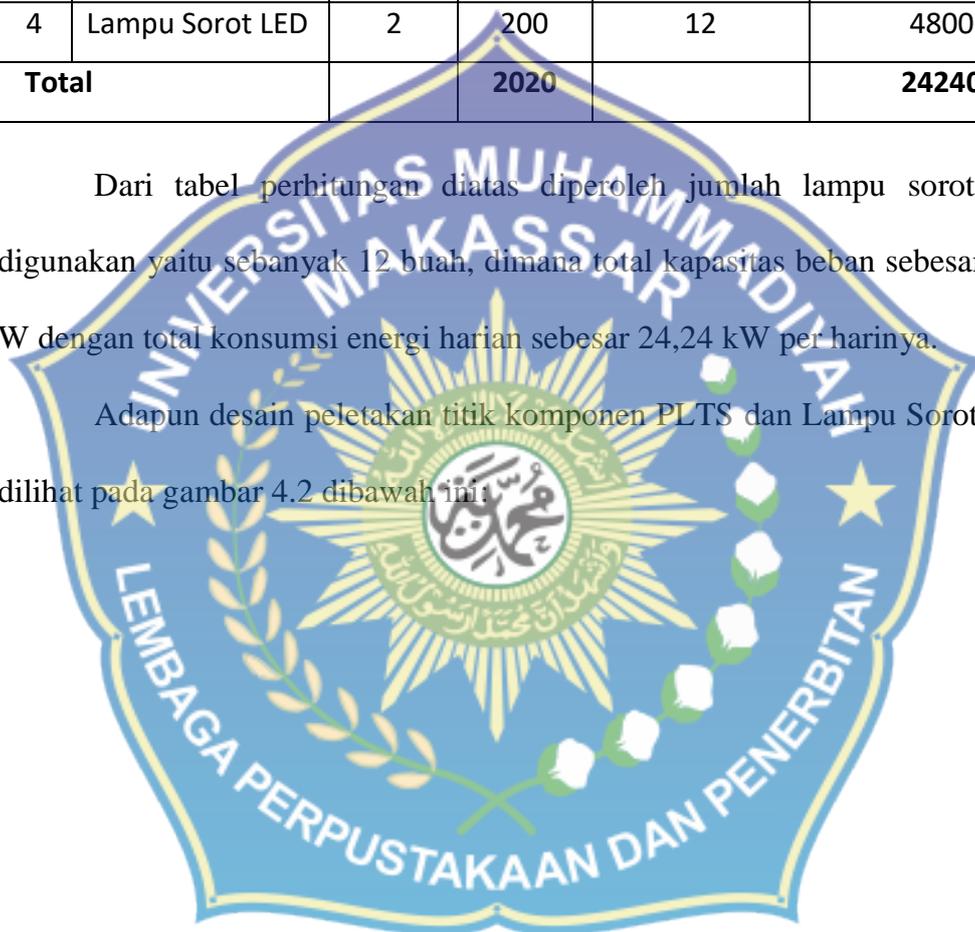
Dengan rentang waktu pemakaian yaitu pukul 18.00 WITA sampai dengan pukul 06.00 WITA. Maka data beban yang direncanakan dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut:.

Tabel 4.2. Perhitungan Daya dan Energi Harian

No.	Jenis Peralatan	Jumlah	Daya (W)	Lama Operasi (Jam/hari)	Total Energi/hari (Wh/Hari)
1	Lampu Sorot LED	4	200	12	9600
2	Lampu Sorot LED	2	250	12	6000
3	Lampu Sorot LED	4	80	12	3840
4	Lampu Sorot LED	2	200	12	4800
Total			2020		24240

Dari tabel perhitungan diatas diperoleh jumlah lampu sorot yang digunakan yaitu sebanyak 12 buah, dimana total kapasitas beban sebesar 2020 W dengan total konsumsi energi harian sebesar 24,24 kWh per harinya.

Adapun desain peletakan titik komponen PLTS dan Lampu Sorot dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini:





Gambar 4.2 Peletakan titik lampu sorot dan lokasi pemasangan Panel surya (Array) pada Gedung Iqra, (tampak atas).

2. Menentukan System PLTS

PLTS yang akan dikembangkan di Gedung Iqra Unismuh Makassar di rencanakan untuk menyuplai lampu sorot tanpa terkoneksi dengan sistem kelistrikan Gedung Iqra Unismuh Makassar. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini sistem PLTS yang akan digunakan adalah sistem *off-grid* dengan *Backup Bateray Banks*. Gambar 4.3 menunjukkan *wiring diagram* PLTS yang dikembangkan di Gedung Iqra Unismuh Makassar. Terdiri dari array PV, Charger controller, Baterai, dan beban DC lampu sorot.



Gambar 4.3. Wiring Diagram PLTS *Off-grid*

3. Daya Yang dibangkitkan PLTS (Watt *Peak*)

a. Menghitung Area Array (PV Area)

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

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

Besar pemakaian energi listrik (E_L) lampu sorot pada Gedung Al Iqra yang akan disuplai oleh PLTS adalah sebesar 24,24 kWh. Untuk nilai insolasi harian matahari akan dipergunakan nilai insolasi rata-rata terendah pada 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 tetap dapat memenuhi besar kapasitas yang dibangkitkan. Efisiensi panel surya (η_{PV}) ditentukan sebesar 17.64%, mengacu pada efisiensi panel surya 100 Wp (*Lihat tabel 4.3*) yang akan digunakan pada PLTS di Gedung Al Iqra.

Tabel 4.3 Data Panel Surya Venus Solar Sytem VG-100-18-P

Venus Solar Sytem 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

Untuk *Temperature Correction Factor* (TCF) digunakan nilai sebesar 0,96. Seperti diketahui bahwa setiap kenaikan temperatur 1°C (dari temperatur standarnya) pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% (Foster dkk.,2010). Data temperatur maksimum untuk wilayah makassar bahwa pada 2017 temperatur paling maksimum untuk wilayah kota Makassar adalah sebesar 32,1°C. Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar 7,1°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°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:

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

Efisiensi out (η_{out}) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen inverter. Dalam penelitian ini di fokuskan 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 diabaikan.

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

$$\begin{aligned} PV \text{ Area} &= \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF} \\ PV \text{ Area} &= \frac{24,24 \text{ kWh}}{5,87 \times 0,17 \times 0,96} \\ &= 25,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

b. Menghitung daya yang dibangkitkan

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

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

Dengan area *array* adalah 25,25 m², *Peak Sun Insolation* (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi panel surya adalah 0,17 maka :

$$\begin{aligned} P(\text{Watt } peak) &= 25,25 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,17 \\ &= 4292,5 \text{ Watt } peak \end{aligned}$$

c. Menghitung 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 :

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{watt \text{ peak}}}{P_{MPP}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{4292,5 \text{ W}}{100 \text{ W}}$$

$$= 42,925 \sim 43 \text{ panel}$$

$$= 44 \text{ panel kebutuhan seri-paralel}$$

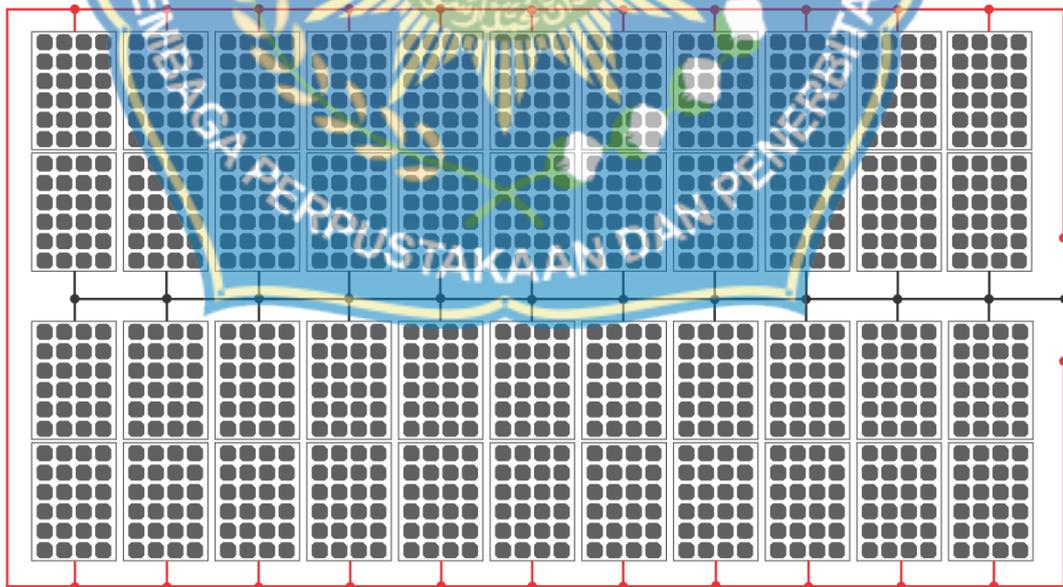
$P_{watt \text{ peak}}$ PLTS yang akan dikembangkan dengan jumlah panel surya sebanyak 44 panel adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Watt peak}} &= P_{\text{MPP}} \times \text{Jumlah panel surya} \\
 &= 100 \times 44 \\
 &= 4400 \text{ Watt peak}
 \end{aligned}$$

Dari nilai $P_{\text{Watt peak}}$ sebesar 4400 Wp maka luas area PLTS dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Area PLTS} &= \frac{P_{\text{watt peak}}}{\text{PSI} \times \eta_{\text{PV}}} \\
 \text{Area PLTS} &= \frac{4400 \text{ Wp}}{1000 \times 0,17} \\
 &= 25,88 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan panel surya sebanyak 44 buah yang didesain seri dan parallel dalam satu fasa maka gambar rangkaian panel ditunjukkan pada gambar 4.4 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4 Rangkaian 44 panel surya seri-paralel

Panel surya yang digunakan sebagai acuan dapat dilihat pada tabel 4.3. dengan spesifikasi tersebut maka besar V_{MPP} , I_{MPP} , P_{MPP} dapat diperhitungkan sebagai berikut : $V_{MPP \text{ array}} = 36,6 \text{ V}$, $I_{MPP \text{ array}} = 5,46 \times 44 = 240,24\text{A}$

d. Pemasangan Panel Surya

Untuk mendapatkan energy yang maksimum maka orientasi pemasangan rangkaian panel surya (*array*) kearah 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 Universitas Muhammadiyah Makassar berada dibelahan bumi selatan berdasarkan hal tersebut, maka pemasangan panel surya (*array*) untuk PLTS di Gedung Iqra di orientasikan mengarah ke Utara.

e. Menghitung Kapasitas Baterai

Dalam pemilihan baterai harus memperhitungkan keadaan-keadaan darurat (*emergency*) seperti pada suatu keadaan tertentu terjadi hujan ataupun langit berawan selama 3 hari berturut-turut, maka kapasitas baterai haruslah tiga 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 efesiensi dari baterai yang digunakan. biasanya efesiensinya adalah 90% dari kapasitas (ampere-jam/ Ah) maksimum baterei. 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

$$\begin{aligned} E_{rough} &= E \times D \\ &= 24240 \text{ Wh} \times 3 \\ &= 72720 \text{ Wh} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} E_{safe} &= \frac{E_{rough}}{MDOD} \\ E_{safe} &= \frac{72720}{0,75} \\ &= 96.960 \text{ W} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{kapasitas baterai} &= \frac{E_{safe}}{V_b} \\ \text{kapasitas baterai} &= \frac{96960}{24} \\ &= 4040 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Jumlah minimum baterai yang dibutuhkan sesuai persamaan 2.10 adalah :

$$N_{\text{battery}} = \frac{C}{C_b}$$

$$N_{\text{battery}} = \frac{4040}{100}$$

$$= 40,4 \sim 41 \text{ Baterai}$$

Jumlah baterai yang di serikan rumus 2.11 adalah

$$N_s = \frac{V_{\text{dc}}}{V_b}$$

$$N_s = \frac{24}{24}$$

$$= 1 \text{ buah baterai terpasang seri}$$

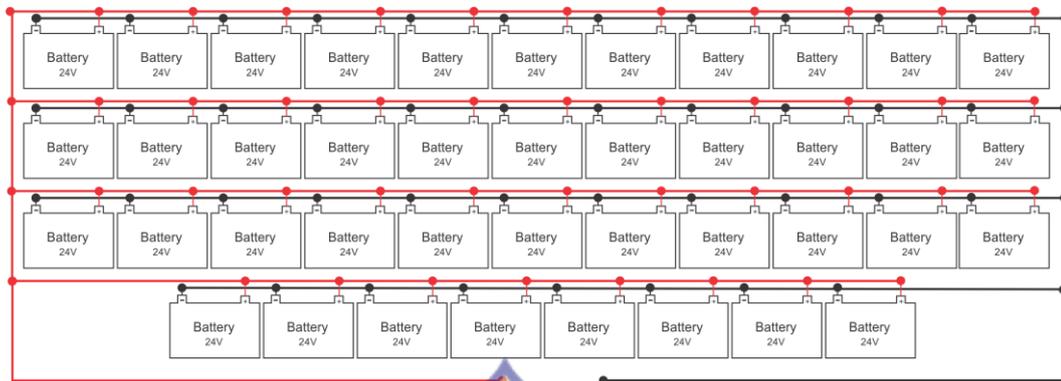
Jumlah baterai yang di parallel sesuai rumus 2.12 adalah

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

$$N_p = \frac{41}{1}$$

$$= 41 \text{ buah baterai terpasang parallel}$$

Dengan jumlah komponen baterai sebanyak 41 buah, agar dapat dirangkai parallel maka 41 buah baterai dirangkai secara parallel. Desain rangkaian baterai jika di paralelkan akan ditunjukkan pada gambar 4.5 sebagai berikut :



Gambar 4.5 Desain Rangkaian 41 Baterai secara parallel

Sesuai dengan hasil perhitungan diatas maka jumlah kapasitas baterai yang mendapatkan tegangan 24V dan arus 4100A. Jd total kapasitas baterai yaitu 98400 Wh. Baterai yang digunakan sebagai acuan dalam desain penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.4. sebagai berikut:



Spesifikasi Baterai yang Digunakan

Tabel 4.4 Spesifikasi Baterai PK250-12 (12V100Ah)

Nominal +D9+A1:D1+A1:D20	12/24 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)	
Teminal	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.cahaya-led.com

f. Kapasitas *Charge Controller*

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

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

$$= 5,86 \times 44 \times 1,25$$

$$= 322,3 \text{ Ampere}$$

Jadi, kapasitas *Charge controller* yang dibutuhkan adalah minimal 350A /24V.

4. 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 yaitu lampu sorot.

a. Arus nominal pada masing-masing sesuai daya lampu sorot LED

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

Dengan persamaan diatas maka didapatkan arus nominal untuk lampu sorot 200W = 8,33A, lampu sorot 250W=10,41A, lampu sorot 80W=3,33A, Maka Kuat Hantar Arus (KHA) atau arus rating aman diperhitungkan dengan persamaan berikut:

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

Sehingga I_{rating} untuk tiap-tiap lampu adalah 200W = 10,41A, 250W =13,01 A, 80W = 4,16 A

Jadi, penghantar yang digunakan untuk arus sebesar 10,41 A, 13,01 A, 4,16 A adalah kabel NYAF 1 x 1,5 mm dengan KHA maksimum 19 A.

b. Penentuan panjang penghantar

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

Tabel 4.5 Panjang masing-masing penghantar

No	Lampu Sorot (kode gambar)	Panjang(m)	10%
1	1/1	30	33
2	1/2	8	8,8
3	1/3	22	24,2
4	1/4	45	49,5
5	1/5	29	31,9
6	1/6	15	16,5
7	2/1 dan 2/2	46	50,6
8	3/1 dan 3/2	48	52,8
9	2/3 dan 2/4	50	55

c. 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.

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot r^2 \\
 &= 3,14 \times 0,56 \\
 &= 1,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan hambatan penghantar digunakan rumus 2.15 dimana nilai hambatan jenis tembaga yang digunakan adalah $\rho = 0,017241 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ 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 4.6 Hambatan Masing-masing penghantar(Kabel)

No	Lampu Sorot (Kode Gambar)	Panjang Penghantar (m)	Hambatan (Ω/m)
1	1/1	33	0,325
2	1/2	8,8	0,088
3	1/3	24,2	0,246
4	1/4	49,5	0,492
5	1/5	31,9	0,315
6	1/6	16,5	0,162
7	2/1 dan 2/2	50,6	0,502
8	3/1 dan 3/2	52,8	0,522
9	2/3 dan 2/4	55	0,541

Apabila luas penampang dan hambatan masing-masing penghantar telah ditentukan maka jatuh tegangan di setiap penghantar dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus 2.16 sebagai berikut:

$$\Delta V = I.R. \cos \phi$$

Hasil perhitungan jatuh tegangan masing- masing penghantar ditunjukkan pada tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Jatuh tegangan masing-masing penghantar

No	Lampu Sorot (Kode Gambar)	Panjang Penghantar (m)	Hambatan (Ω/m)	Jatuh Tegangan (V)
1	1/1	33	0,325	2,70
2	1/2	8,8	0,088	0,73
3	1/3	24,2	0,246	2,04
4	1/4	49,5	0,492	4,09
5	1/5	31,9	0,315	2,62
6	1/6	16,5	0,162	1,34
7	2/1 dan 2/2	50,6	0,502	1,67
8	3/1 dan 3/2	52,8	0,522	5,43
9	2/3 dan 2/4	55	0,541	1,80

Tegangan beban yang sampai di ujung penghantar didapatkan dengan mencari selisih antara tegangan sumber dan jatuh tegangan pada masing – masing penghantar (kabel). Ditunjukkan pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8 Tegangan Ujung Penghantar

No	Lampu Sorot (Kode Gambar)	Panjang Penghantar (m)	Jatuh Tegangan (V)	Tegangan beban (V)
1	1/1	33	2,70	21,3
2	1/2	8,8	0,73	23,27
3	1/3	24,2	2,04	21,96
4	1/4	49,5	4,09	19,91
5	1/5	31,9	2,62	21,38
6	1/6	16,5	1,34	22,66
7	2/1 dan 2/2	50,6	1,67	22,33
8	3/1 dan 3/2	52,8	5,43	18,53
9	2/3 dan 2/4	55	1,80	22,2

Dari hasil perhitungan kabel distribusi diatas maka dapat disimpulkan bahwa tegangan jatuh di ujung penghantar melebihi standar toleransi jatuh tegangan yang diperbolehkan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan studi pemanfaatan PLTS yang dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknik pada gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem PLTS yang akan dipasang untuk catu daya pada lampu sorot Gedung Iqra adalah sistem PLTS yang berdiri sendiri (*stand alone*) dengan daya total beban yaitu 24,24 kWh, Luas PV area yang dibutuhkan adalah 25,25 m², maka besar daya yang dibangkitkan PLTS(Watt *peak*) adalah 4292,5 Wp, total jumlah panel yang diperlukan sebanyak 44 panel dimana 2 panel disusun secara seri dan 22 panel disusun secara paralel yang diorientasikan kearah utara, maka jumlah penyimpanan energi yang dibutuhkan sebesar 72.720 Wh dengan jumlah minimum baterai adalah 41 buah baterai.
2. Kelayakan pemanfaatan PLTS yang akan dibangkitkan pada Gedung Iqra Universitas Muhammadiyah Makassar dapat dilihat letak geografis kota Makassar yang memiliki insolasi harian rata-rata 5,87 pada tahun 2017, dengan penempatan pemasangan panel surya yang terletak pada masing-masing sayap gedung.

B. Saran

1. Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan sistem pengelolaan yang memperhitungkan ekonomi yang berbeda dari setiap komponen PLTS.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh sudut kemiringan pemasangan modul terhadap energy yang dihasilkan.
3. Sebaiknya pemanfaatan pembangkitan produksi energi listrik dari PLTS di optimalkan penggunaannya pada bidang yang lain dalam Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Penggunaan inverter untuk mengurangi rugi-rugi tegangan di ujung penghantar.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shamani ali Najah. 2015. Design & Sizing of Solar Stand Alone Solar Power System A house Iraq. 145-150. <https://www.researchgate.net/publication/281612628> diakses 13 Mei 2015, pkl 5:52
- Davis, Gray. 2001. A Guide to Photovoltaic (PV) System Design And Instalation. California Energy Commission. Version 1.0.
- Dewan Energi Nasional. 2014. Outlook Energi Indonesia. 186 hlm. <http://www.esdm.go.id/publikasi/indonesia-energy-outlook.html>., diakses 03 Desember 2016, pkl. 22.48
- Dunlop, James. 1998. Stand-Alone Photovoltaik Lighting System. Florida Solar Energy Center, Vol. 2.
- Jati, I Nengah. 2011. Studi Pemanfaatan PLTS Hibrid Dengan PLN di Vila Adleson Ubud. Tesis. Universitas Udayana Denpasar.
- Kadir, Abdul. 2005. Energi: Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi. Edisi Ketiga. Jakarta. Universitas Indonesia.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. Potensi Dan Peluang Investasi Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi. 68 hlm. <http://ebtke.esdm.go.id/post/2015/03/26/818/potensi.dan.peluang.investasi.ebtke>. di akses 23 oktober 2016, pkl. 11.18.
- Nafeh, A.E.A. 2009. Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt. *The Open Renewable Energy Journal* 2 : 33-37.
- Ouaschnig, V. 2005. Understanding Renewable Energy Systems. London : Earthscan.
- Prigatun, S, Karnoto, & Prasetyo, M.T. 2011. Analisis Komparasi Pemilihan Lampu Penerangan Jalan Tol. *Media elektrika*, Vol. 4 Juni.
- Satriani, I Dewa A.S . 2011. Studi Pemanfaatan PLTS Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali. Tesis. Universitas Udayana.
- Wibawa U, Darmawan A. 2008. Penerapan Sistem Photovoltaik Sebagai Suplai Daya Listrik Beban Pertamanan. *Jurnal EECCIS Vol.II, No.I Juni*.