

SKRIPSI

**DESAIN SISTEM SUPLAI ENERGI MOTOR KINCIR
TAMBAK BERBASIS PLTS**



ADNAN BUYUNG

10582103612

IQBAL

105 82 00836 11

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
MAKASSAR**

2017

**DESAIN SISTEM SUPLAI ENERGI MOTOR KIPAS TAMBAK
BERBASIS PLTS FOTOVOLTAIK PADA TAMBAK DI
KEC. GALESONG UTARA**

Skripsi
diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana
program studi teknik listrik
jurusan teknik elektro
fakultas teknik

disusun dan diajukan oleh

**ADNAN BUYUNG
10582103612**

**IQBAL
105 82 00836 11**

**PADA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
MAKASSAR
2017**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. III

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : www.unismuh.ac.id, email : unismuh@gmail.com
Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama IQBAL dengan nomor induk Mahasiswa 105820083611 dan ADNAN BUYUNG dengan nomor induk Mahasiswa 10582103612, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0004/SK-Y/20201/091004/2018,, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 24 Mei 2018.

Makassar, 6 Ramadhan 1439 H
24 Mei 2018 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, MT

b. Sekretaris : Andi Abd Halik Lateko, ST., MT

3. Anggota : 1. Rizal A Duyo, ST., MT

2. Rossy Timur Wahyuningsih, ST., MT.

3. Suriyani, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Pembimbing II

Andi Fahrudin, ST., MT

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. III

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : www.unismuh.ac.id, email : unismuh@gmail.com
Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

DESAIN SISTEM SUPPLAI ENERGI MOTOR KINCIR TAMBAK BERBASIS PLTS FOTOVOLTAIK DI KEC. GALESONG UTARA

HALAMAN PENGESAHAN

Melaksanakan perintah Allah SWT dan Adnan Buyung

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 Email : AdnanBuyung@gmail.com

Judul Skripsi : **DESAIN SISTEM SUPLAI ENERGI MOTOR KINCIR TAMBAK BERBASIS PLTS FOTOVOLTAIK PADA TAMABK DI KEC. GALESONG UTARA**

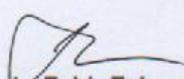
NAMA : 1. IQBAL
2. ADNAN BUYUNG
STAMBUK : 1. 10582 00836 11
2. 10582 1036 12

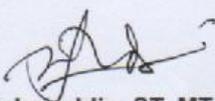
Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc


Andi Faharuddin, ST., MT

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Umar Katu, ST., MT

NBM/ 990 410

**DESAIN SISTEM SUPLAI ENERGI MOTOR KINCIR TAMBAK
BERBASIS PLTS FOTOVOLTAIK DIKEC.GALESONG UTARA
KAB.TAKALAR**

Muhammad Iqbal Maluddin¹ dan Adnan Buyung²

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : Ikbalmaluddin@gmail.com

²⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : Adnanbuyung@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri, perkantoran, maupun masyarakat umum dan perorangan sangat meningkat. Tetapi, peningkatan kebutuhan listrik ini tidak diiringi oleh penambahan pasokan listrik. Berdasarkan permasalahan tersebut, energi surya dipilih sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Alat yang digunakan disini adalah sel surya, karena dapat mengkonversikan langsung radiasi sinar matahari menjadi energi listrik (proses photovoltaic). Agar energi surya dapat digunakan pada malam hari, maka pada siang hari energi listrik yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu ke baterai yang dikontrol oleh regulator. Keluaran regulator langsung dihubungkan dengan inverter dari arus DC ke AC. Dari hasil perhitungan jumlah kebutuhan daya yang dibutuhkan 3.130 Watt dengan total kebutuhan energi harian sebesar 61.150 Wh, jumlah modul surya (photovoltaic) yang digunakan sebanyak 110 buah dan jumlah baterai sebanyak 192 buah baterai terlihat bahwa hasil daya keluaran rata-rata mencapai 38,24 Watt, dan arus yang didapatkan sebesar 2,49 A (Ampere). Hal ini dikarenakan photovoltaic saat mengikuti arah pergerakan matahari akan selalu memposisikan photovoltaic untuk tetap menghadap matahari sehingga tetap akan dapat menangkap pancaran matahari secara maksimal.

Kata kunci: Sel Surya; Analisis Desain; Sistem Photovoltaic; energi listrik

ABSTRACT

The need for electricity for industry, offices, as well as the general public and individuals is greatly improved. However, the increase in electricity demand is not accompanied by the addition of electricity supply. Based on these problems, solar energy is selected as an alternative energy to generate electrical energy. The tool used here is solar cells, because it can directly convert solar radiation into electrical energy (photovoltaic process). In order for solar energy to be used at night, then during the day the electrical energy generated is stored first to the battery that is controlled by the regulator. The output of the regulator is directly connected to the inverter from DC current to AC. From the calculation of the required power required 3.130 Watt with total daily energy requirement of 61,150 Wh, the number of solar modules (photovoltaic) used as many as 110 pieces and the number of batteries as many as 192 pieces of batteries seen that the average output power output reached 38.24 Watt , and the current obtained is 2.49 A (Ampere). This is because photovoltaic when following the direction of the movement of the sun will always position the photovoltaic to stay facing the sun so that it will still be able to capture the sun's rays to the maximum.

Keywords: Solar Cells; Design Analysis; Photovoltaic System; electrical energy

KATA PENGANTAR

Assalamu' Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Semesta Alam karena berkat Rahmat, Hidayah dan Ridho-Nyalah sehingga tugas akhir ini dapat kami rampungkan. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW Sang Revolusioner sejati, serta keluarganya, sahabatnya dan para pengikutnya karena atas cahaya penerangannya sebagai panutan hingga akhir zaman.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, dengan judul ***“Desain Sistem Suplai Energi Motor Kincir Tambak Berbasis PLTS Fotovoltaik Di Kec. Galesong Utara”***.

Sesungguhnya Tugas Akhir ini tidak akan tercapai tanpa doa dan dukungan serta kasih sayang yang begitu besar dari kedua orang kami, dan kepada saudara-saudara kami yang tidak sedikit bantuan dan semangat yang diberikan kepada kami.

Sejak awal penulisan hingga rampungnya tugas akhir ini, penulis tidak terlepas pula dari bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu melalui tulisan ini, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang setinggi – tingginya kepada:

1. Bapak Hamzah Ali Imran, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar;
2. Bapak Umar Katu, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar;
3. Ibunda Adriani, S.T., M.T., selaku Sekertaris Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar;
4. Bapak Andi Fharuddin, S.T., M.T. dan Bapak Dr.Ir.Zahir Zainuddin M.Sc, masing–masing selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan pengarahannya kepada penulis;
5. Segenap staf pengajar dan karyawan di Jurusan Elektro yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi.
6. Seluruh mahasiswa Teknik Elektro yang tidak sempat Kami sebutkan satu per satu, atas segala bantuan moril dan atau peralatan selama masa penyusunan tugas akhir ini;

Semoga Tuhan Yang Maha Esa, pelimpah Kasih Maha Pengasih, pencurah rahmat Maha Penyayang, melimpahkan rahmat-Nya kepada Bapak/Ibu serta rekan-rekan sebagai imbalan atas segala jasa yang telah disumbangkannya kepada penulis.

Penulis sangat menyadari, bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari isi, maupun cara penyajian serta teknik penulisan, karenanya itu dengan segala kerendahan hati, penulis akan menerima segala saran dan kritik demi mendekati kesempurnaan tulisan ini.

Akhir kata, segala yang benar dalam tulisan ini dan sempat terealisasi oleh penulis, datangnya dari Allah Subhaanahu Wata'ala, segala kekurangan serta kesalahan yang terdapat dalam tugas akhir ini adalah kekhilafan dan kekurangan penulis. Semoga tugas akhir ini bermanfaat adanya, terutama bagi penulis sendiri. Amin.

Billahi fii sabilil haq fastabiqul khairat.

Wassalamu' Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, Mei, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	2
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Sistematika Penulisan	3
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	5
A. Desain PLTS Fotovoltaik	5
B. Potensi Energi Matahari	9
C. Mengidentifikasi Rencana Lokasi PLTS	12
D. Kongfigurasi PLTS	13
E. Komponen Utama PLTS	14
1. Modul surya	14
2. Baterei	19
3. Inverter	25
4. Solar Charger	28

F. Pengkabelan	30
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	32
A. Tempat Dan Waktu Penelitian	32
B. Pengumpulan Data.....	32
C. Jenis Peneitian.....	33
D. Alat Dan Bahan.....	33
E. Flowchart Alur Penelitian	34
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Deskripsi Tambak	35
B. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	36
a. Menentukan Potensi Energi Matahari	36
b. Menghitung Energi Yang Akan Disuplai	36
c. Menentukan Sistem Plts	38
d. Daya Yang Di Bangkitkan Plts	39
1. menghitung area array	39
2. Menghitung Daya Yang Dibangkitkan	42
3. Menghitung Jumlah Panel Surya	43
4. Pemasangan Panel Surya.....	45
5. Menghitung Kapasitas Baterei	45
6. Kapasitas Chareger Controller	48
7. Menghitung Kapasitas Inverter	49
C. Kabel Distribusi	49

1. Arus Nominal Pada Motor Listrik Dan Lampu Penerangan .	50
2. Penentuan Panjang Penghantar	50
3. Jatuh Tegangan	51
BAB V. PENUTUP	54
A. Kesimpulan	54
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring semakin terbatasnya deposit BBM atau bahan bakar dari fosil, maka pada satu dekade terakhir pertumbuhan teknologi yang memanfaatkan sumber-sumber energy yang dapat diperbaharui semakin berkembang dengan pesat. Energi terbarukan bukanlah suatu alternatif tetapi telah menjadi kebutuhan.

Perkembangan teknologi khususnya untuk komponen utama PLTS membuat peralatan PLTS memiliki efisiensi yang semakin tinggi, hal ini mendorong meningkatkan angka pertumbuhan pembangunan PLTS dalam kapasitas besar sehingga menurunkan nilai investasi. Tidak hanya dalam skala besar, PLTS skala kecil dan sedang menjadi pilihan untuk melistriki daerah-daerah terpencil dimana terbatasnya transportasi untuk membawa BBM dan tidak ada sumber energy lain yang dapat diandalkan. Dilain pihak, PLTS akan mengurangi ketergantungan terhadap BBM bagi lokasi yang telah memiliki listrik. Dengan melakukan kombinasi (hybrid) maka sistem yang ada dapat dioptimalkan.

Demikian yang terjadi di PLN, PLTS menjadi salah satu program andalan untuk meningkatkan angka rasio elektrifikasi dan mengurangi ketergantungan BBM yang mana hampir seluruh daerah pelosok yang

berlistrik adalah menggunakan diesel. Sehubungan dengan hal tersebut maka penulis ingin merancang sistem PLTS sebagai tugas akhir yang kemudian dibahas dalam laporan tugas akhir dengan judul “**Desain Sistem Suplai Energi Motor Kincir Tambak Berbasis PLTS Fotovoltaik**”

Diharapkan desain ini dapat menjadi salah satu literatur dalam pemanfaatan PLTS Fotovoltaik sebagai penyuplai energi listrik untuk sistem aerasi. Dengan pemanfaatan PLTS fotovoltaik ini, sangat besar kemungkinan terwujudnya sistem aerasi tambak udang yang lebih hemat dalam segi biaya dan lebih bijak dalam pemanfaatan energi alam.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka yang menjadi permasalahan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana mendesain sistem suplai energi listrik berbasis PLTS fotovoltaik?
- b. Bagaimana menentukan kapasitas sistem PLTS yang akan dibangun?

C. Batasan Masalah

- a. Jumlah daya yang dibutuhkan dalam pemakaian sehari-hari.
- b. Berapa besar arus yang dihasilkan panel surya, dalam hal ini memperhitungkan jumlah panel surya yang dipasang
- c. Berapa buah unit baterai yang diperlukan untuk kapasitas yang diinginkan dan pertimbangan tanpa sinar matahari.

A. Tujuan

Adapun tujuan pembahasan tugas akhir ini yaitu :

- a. Untuk memasok energi listrik pada motor kincir dan lampu penerangan pada area tambak.
- b. Untuk mengetahui tingkat kelayakan pemanfaatan PLTS dilihat dari aspek teknis
- c. Untuk mengganti pengoperasian PLTD

B. Manfaat

- a. Menambah pengetahuan dibidang energi baru terbarukan
- b. Dapat memahami mengenai fungsi PLTS fotovoltaik sebagai pembangkit tenaga listrik.
- c. Agar masyarakat memahami tentang pembangkit listrik tenaga surya serta dapat memanfaatkan seluruh energi yang ada dialam ini.

C. Sistematika Penulisan

Agar tercapainya sasaran dalam penulisan tugas akhir ini sesuai dengan yang diharapkan, maka susunan dari sistematika pembahasan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN, memberikan gambaran tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA, yang memberikan gambaran mengenai tinjauan pustaka yang meliputi pengertian dasar serta teori yang digunakan dalam perhitungan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN, yang memberikan gambaran umum mengenai daerah studi serta data yang dibutuhkan dalam penulisan

BAB IV : ANALISA DATA, pada bab ini menguraikan tentang hasil yang diperoleh dari desain alat yang yang dibuat, mendasari tentang desain sistemnya.

BAB V : PENUTUP, berisikan tentang kesimpulan dari keseluruhan pembahasan dan saran-saran sehubungan dengan pengembangan dalam tulisan ini.

BAB II

PEMBAHASAN

A. Desain PLTS Fotovoltaik

1. Umum

Mendisain suatu PLTS prinsipnya sama seperti mendisain pembangkit jenis lainnya yaitu untuk merencanakan kapasitas pembangkit yang mampu memenuhi kebutuhan beban (*demand*) yang akan disuplai sesuai persyaratan dan kondisi yang ditetapkan untuk beban tersebut.

Menentukan kapasitas PLTS artinya menghitung kapasitas setiap bagian PLTS, karena PLTS terdiri dari komponen utama yaitu panel surya, pengontrol daya dan batere jika diperlukan untuk penyimpanan energi sementara. Dalam menentukan/menghitung kapasitas bagiannya, perlu diketahui besar dan jenis beban yang akan disuplainya.

Untuk menghitung kapasitas PLTS yang dibutuhkan menentukan beban tertinggi adalah hanya satu hal dari aspek disain. Menghitung energi yang dibutuhkan beban dalam periode yang dipilih adalah suatu hal yang sangat penting dalam mendisain.

2. Profil Beban

Profil Beban adalah suatu grafik yang menggambarkan perubahan beban listrik (kW) dalam setiap waktu. Profil Beban akan berubah sesuai dengan karakteristik beban atau pelanggan. Faktor (karakteristik) Beban

ini dipengaruhi oleh jenis pelanggan seperti pelanggan industri, komersial dan perumahan. Bahkan dengan bertambahnya fasilitas umum seperti lampu penerangan jalan umum, maka sektor ini mempengaruhi juga karakteristik beban ditempat tersebut. Faktor lain juga adalah musim (panas dan hujan) serta hari-hari perayaan atau hari besar.

Mengatahui profil beban adalah suatu kewajiban dalam merencanakan penyediaan suatu pembangkit tenaga listrik agar diketahui kapasitas pembangkit dan energi yang dapat disediakan untuk periode waktu yang diharapkan. Profil Beban diperlukan untuk menentukan kapasitas (*sizing*) suatu peralatan agar diperoleh kapasitas paling efisien dengan tingkat reliability terbaik minimal. Terutama PLTS yang mana *reliability* dan *availability* sistem sangat tergantung pada sinar matahari.

Dengan profil beban maka akan lebih mudah memahami perilaku beban setiap saat dan menggunakannya sebagai data untuk memperkirakan pertumbuhan beban pada waktu yang akan datang. Pada profil beban, untuk periode tertentu misalnya dalam waktu 24 jam akan dapat dilihat beberapa hal antara lain berapa dan kapan beban tertinggi (Beban Puncak), berapa dan kapan beban terendah terjadi. Kemudian dengan sedikit perhitungan dapat ditentukan beban rata-rata. Selain itu profil beban memberikan informasi kondisi beban pada periode tertentu misalnya selama siang hari.

3. Fakor-Faktor Kelistrikan

Dari profil beban suatu sistem pembangkit, beberapa faktor atau indikator kelistrikan lainnya dapat ditentukan antara lain *demand factor*, *utilities factor* dan *diversity factor/coincidence factor*, *load factor*, *power factor*.

1) Faktor Beban (*load faktor*)

Adalah perbandingan antara besarnya beban rata-rata untuk selang waktu tertentu terhadap beban puncak tertinggi dalam selang waktu yang sama. Sedangkan beban rata-rata untuk suatu selang waktu tertentu adalah jumlah produksi Kwh dalam selang waktu tersebut dibagi dengan jumlah jam dari selang waktu tersebut. Makin tinggi faktor beban suatu sistem pembangkit semakin baik karena beban semakin rata artinya tingkat pemanfaatan peralatan di dalam sistem tersebut semakin tinggi. Dengan kata lain menunjukkan tingkat keefisienan pelanggan dalam menggunakan beban puncak.

Dalam perencanaan suatu pembangkit, faktor beban digunakan untuk menentukan biaya keseluruhan setiap unit yang dibangkitkan. Faktor beban dirumuskan sebagai berikut:

$$faktori\ Beban(lf) = \frac{beban\ rata - rata\ (kw)}{beban\ puncak\ (kw)}$$

2) Faktor Kapasitas (*Capacity Factor*)

Menunjukkan berapa besar pemanfaatan sebuah unit pembangkit. Faktor kapasitas biasanya didefinisikan besarnya energi (*kWh*) yang diproduksi dalam kurun waktu tertentu dibandingkan dengan kemampuan produksi energi menurut kapasitasnya dalam kurun waktu yang sama yang biasanya dalam periode setahun, dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{faktor kapasitas (CF)} = \frac{\text{energi produksi setahun(kwh)}}{\text{kapasitas mesin(kw)} \times 8760 \text{ h}}$$

3) Faktor penggunaan (*utility factor*)

Faktor penggunaan memiliki pengertian mirip dengan faktor kapasitas tetapi lebih ditekankan pada daya. Faktor ini didefinisikan perbandingan beban (*A, kW*) alat tertinggi dibagi dengan kemampuan alat (*A, kW*). Fungsi faktor ini adalah untuk mengetahui ukuran sejauh mana suatu alat dapat dibebani atau mengetahui suatu alat tidak mengalami pembebanan berlebihan. Defenisi lain adalah perbandingan waktu penggunaan suatu peralatan dibandingkan dengan usia alat tersebut dapat digunakan. Faktor ini juga menjelaskan bahwa sejauh mana suatu pembangkit telah mengalami penurunan kemampuan kapasitasnya, misalnya karena usia mesin atau disebut dengan derating. Faktor pemanfaatan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{faktor penggunaan(UF)} = \frac{\text{beban tertinggi (A; kw)}}{\text{kemampuan alat (A; kw)}}$$

4) **Faktor kebutuhan** (*demand factor*)

faktor kebutuhan adalah perbandingan antara beban puncak pada suatu sistem kelistrikan terhadap jumlah keseluruhan kapasitas beban terpasang yang dihubungkan pada sistem tersebut. Faktor kebutuhan (*Df*) dituliskan sebagai berikut:

$$\text{faktor kebutuhan (DF)} = \frac{\text{beban puncak (kw)}}{\sum_{i=1}^n p_i(\text{kw})}$$

B. Potensi Energi Radiasi Matahari

Matahari adalah sumber energi sebenarnya. Sumber energy primer lainnya adalah bagian dari campur tangan matahari. Sala seorang peneliti mencatat bahwa matahari memiliki potensi sebagai berikut:

Daya rata-rata sesaat yang dipancarkan matahari = 3.8×10^{23} kW.

Energi yang dipancarkan = 3.33108×10^{27} kWh/year.

Volume konsumsi listrik bumi (2008) = $143,851$ TWh/year.

Daya matahari menghujam atmosfer bumi = $1,366$ W/m².

Persentase daya yang mencapai permukaan bumi = 18% .

Daya matahari menghujam permukaan bumi = $250,000,000$ W/km².

Luas permukaan bumi = $510,072,000$ km².

Total daya rata-rata matahari menghujam bumi = $127,518,000,000,000,000$ W.

Jumlah jam per tahun = $8,766$ jam/tahun.

Total energi matahari menghujam bumi setahun = $1,117,822,788$ TWh/tahun.

Dari data di atas maka jumlah energi yang dihasilkan matahari adalah kira-kira sama dengan 7,771 kali energi yang dibutuhkan bumi saat ini.

Energi matahari dikirimkan ke bumi melalui pancaran gelombang radiasi elektromagnetik. Salah satu unsur energi yang dipancarkan ke permukaan bumi adalah energi cahaya yang merupakan paket-paket energi yang disebut foton.

1. Tingkat Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah data yang paling penting dalam merencanakan suatu PLTS. Tingkat radiasi matahari dapat dapat bersumber dari data primer dan atau data sekunder. Yang paling akurat adalah data primer dengan cara melakukan pengukuran secara langsung tingkat radiasi di lokasi tersebut. Semakin panjang waktu pengukuran semakin akurat datanya. Menggunakan hasil pengukuran selama 1 tahun sering menjadi perdebatan. Pengukuran selama 3 tahun adalah periode yang direkomendasikan.

Berdasarkan alasan tertentu misalnya lamanya waktu untuk menunggu hasil pengukuran langsung (data primer), maka menggunakan data sekunder sering diambil menjadi pilihan. Sumber-sumber data sekunder dapat diperoleh dari badan meteorologi atau badan antariksa nasional maupun internasional.

Badan nasional yang menyajikan data klimatologi yaitu yaitu BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) dan LAPAN (Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional). Badan antariksa nasional Amerika NASA melalui websitenya, menyajikan data meteorologi yang cukup lengkap.

Sumber terakhir ini paling sering digunakan sebagai referensi perencanaan jika mendapatkan data primer tidak mungkin dilakukan karena alasan tertentu.

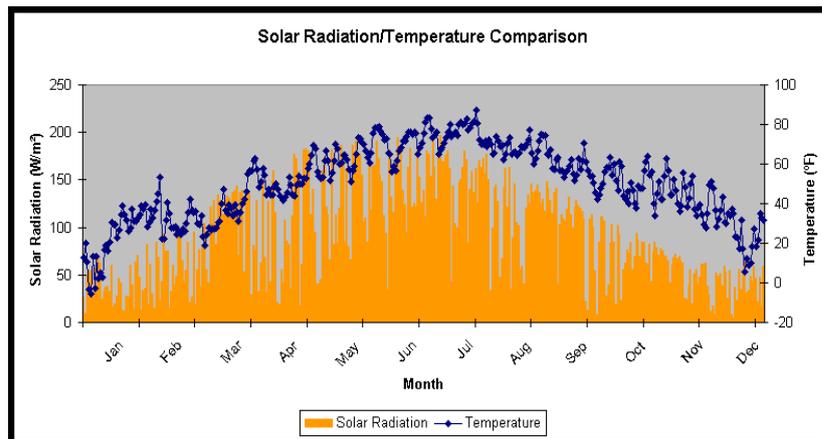
Data radiasi matahari di suatu permukaan tertentu di bumi dapat diperoleh dari Website NASA <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>. Data ini memiliki periode rekaman dari tahun 1978 hingga 2005.

2. Indikator Radiasi Matahari

Secara baku insolasi dinyatakan dalam satuan J/mm^2 , tetapi dalam prakteknya sering menggunakan satuan Wh/m^2 dalam waktu tertentu. Besarnya energi dalam sesaat disebut iradian (*irradiance*) dengan satuan W/m^2 . Sedangkan jumlah energi matahari yang dihasilkan oleh radiasi matahari tersebut dalam waktu tertentu disebut insolasi (*insolation*), dengan satuannya kWh/m^2 . Jika dalam sejam adalah $kWh/m^2/jam$ dan jika dalam sehari adalah $kWh/m^2/hari$.

Setiap permukaan bumi akan mendapat paparan matahari mulai matahari terbit pagi hari dan berakhir saat matahari terbenam pada sore hari. Saat matahari terbit, radiasi matahari adalah terendah dan terus bertambah dan mencapai angka tertinggi pada saat tengah siang hari. Lalu kembali berkurang hingga sore menjelang matahari terbenam.

Bila awan tidak menghalangi sinar matahari atau kecerahan yang sempurna, tingkat radiasi matahari dapat dijelaskan seperti Gambar dibawah ini.



Gambar . 2.1 Tingkat Radiasi Matahari

Sebagai ukuran standar, tingkat radiasi matahari ditentukan sebesar 1000 W/m². Jumlah jam dalam sehari dengan tingkat radiasi matahari rata-rata 1000W/m² disebut dengan *peak sun hour* (PSH). Atau dengan kata lain, jumlah energi dalam sehari selama hari penyinaran matahari dibagi dengan 1000W/m²

C. Mengidentifikasi Rencana Lokasi PLTS

Tidak seperti pembangkit fosil umumnya yang membutuhkan lokasi lebih banyak persyaratan, tetapi PLTS hanya membutuhkan lokasi yang dapat menerima paparan sinar matahari sepanjang hari dari mulai matahari terbit sampai sesaat sebelum tenggalam. Lokasi tidak mengalami penghalangan (*obstruction*) seperti bangunan atau pepohonan.

Lokasi dipilih sebaiknya memiliki lapangan tanah terbuka yang tidak produktif, stabil, relatif datar, memiliki jalan akses. Untuk rencana PLTS yang akan dihubungkan pada sistem kelistrikan yang sudah ada di lokasi, sebaiknya

dipilih jarak terdekat ke jaringan terdekat dan atau berada dekat dengan pusat beban.

D. Konfigurasi PLTS

Dibandingkan dengan pembangkit dengan sumber energi primer dari fosil, pembangunan PLTS berkembang dan dimanfaatkan dalam skala besar baru dalam dekade terakhir ini. Hampir seluruh sistem jaringan (grid) yang telah dibangun beroperasi pada umumnya merupakan bagian dari sistem pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil yang pada umumnya memiliki skala kapasitas daya yang relatif besar dibandingkan dengan PLTS. Sehingga keberadaan suatu PLTS dalam suatu lokasi selalu dianggap “pendatang” bagi sistem dengan bahan bakar fosil yang ada.

Ketika suatu PLTS akan dibangun sering disebutkan apakah akan berdiri sendiri dan beroperasi sendiri atau dihubungkan dan beroperasi “bersama-sama” dengan sistem yang sudah ada atau akan “ditumpangin” pada sistem yang sudah ada. Dari kondisi ini, maka pembagian tipe PLTS umumnya dikenal dengan istilah PLTS off grid (*stand alone*), PLTS on grid dan PLTS hybrid.

1. Konfigurasi Berdasarkan Susunan Komponen PLTS

Komponen utama PLTS adalah panel surya, inverter/charge controller dan baterai. Sebuah modul surya masih memiliki kapasitas yang sangat kecil dibandingkan dengan daya yang dibutuhkan untuk sebuah pembangkit listrik untuk fasilitas pelayanan publik. Untuk memperbesar kapasitas panel menjadi

sesuai yang diinginkan, modul surya disusun secara seri dan paralel. Susunan modul secara seri bertujuan untuk mendapatkan tegangan panel yang diinginkan, sedangkan susunan modul secara parallel dimaksudkan untuk mendapatkan arus yang lebih besar. Dengan demikian kombinasi ini akan menghasilkan panel dengan kapasitas besar yang dibutuhkan. Susunan demikian juga berlaku bagi batere dan inverter.

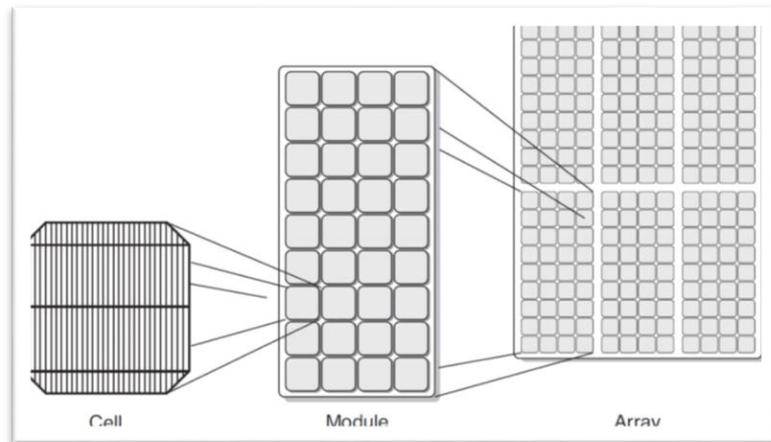
Berdasarkan susunan komponen utama tersebut, konfigurasi PLTS dapat digolongkan berdasarkan susunan dan hubungan antara panel surya dengan inverter yaitu:

- a. PLTS dengan *central inverter*
- b. PLTS dengan *string inverter*
- c. PLTS dengan *module inverter*
- d. PLTS dengan *multi string multi inverter*

E. Komponen Utama PLTS

1. Modul Surya

Modul surya berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik DC. Secara prinsip, modul surya terdiri dari beberapa sel photovoltaic yang disambung spesifik untuk menghasilkan arus DC sesuai spesifikasi output. Sel-sel photovoltaic tersebut bisa disusun secara seri untuk menaikkan tegangan output, paralel untuk meningkatkan arus keluaran, maupun kombinasi seri paralel.



Gambar 2.5. Sel, modul dan array photovoltaic

Secara teknologi, berbagai jenis sel photovoltaic telah dikembangkan, namun untuk sistem PLTS Photovoltaic di Indonesia umumnya hanya 3 jenis sel yang dipergunakan, yaitu:

- **Mono kristal**

Jenis mono-crystalline dibuat dari keping (*wafer*) silikon kristal tunggal yang dicirikan dengan susunan atom yang teratur dan hanya mempunyai satu orientasi kristal, yaitu semua atom tersusun secara simetris. Dibandingkan dengan jenis poli kristal, sel ini memiliki efisiensi yang relatif lebih tinggi, namun lebih mahal.

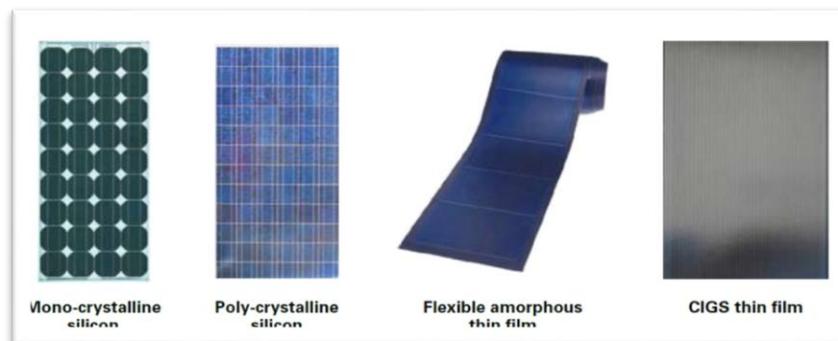
- **Poli kristal**

Sel photovoltaic poli kristal dibuat dengan teknologi *casting* berupa balok silikon dan dipotongpotong tipis (*wire-sawing*) menjadi kepingan, dengan ketebalan sekitar 250–350 micrometer. Metode ini relatif tidak

memerlukan ketelitian dan biaya tinggi, namun menghasilkan sel surya dengan efisiensi lebih rendah.

- **Thin Film**

Sel photovoltaic thin film dibuat dengan teknologi lapisan tipis (*thin film*) material semikonduktor. Pembuatan sel fotovoltaik dengan lapisan tipis ini dapat mengurangi biaya pembuatan solar sel karena hanya menggunakan kurang dari 1% dari bahan baku silikon jika dibandingkan dengan bahan baku untuk tipe silikon wafer. Selain itu, sel photovoltaic thin film juga dapat dibuat dari bahan semikonduktor lainnya yang memiliki efisiensi solar sel tinggi seperti *Cadmium Telluride* (Cd Te) dan *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS).



Gambar 2.6. Jenis modul surya

a. Menentukan Kapasitas Panel Surya

Modul surya terdiri dari susunan seri-paralel sel surya. Secara fakta, PLTS adalah pembangkit yang dapat dikatakan tidak memiliki nilai kapasitas karena kapasitas sesaat sangat tergantung dengan tingkat radiasi matahari. PLTS sesungguhnya lebih tepat dikatakan sebagai penyedia energi dalam

kurun waktu tertentu, oleh karenanya dalam menentukan kapasitas panel suatu PLTS jumlah energi yang akan dibangkitkan dalam suatu periode tertentu yang menjadi dasar perhitungan.

Kapasitas panel dipengaruhi oleh pola operasi PLTS. Beberapa hal kondisi yang dapat mempengaruhi perhitungan kapasitas panel surya antara lain:

- Temperatur
- Tingkat radiasi
- Kecerahan iklim
- Tingkat keandalan/ketersediaan sistem.

Spesifikasi modul surya selalu dinyatakan pada kondisi temperatur 25°C dan tingkat radiasi 1 kW/m². Namun praktek di lapangan modul berada pada temperatur yang lebih tinggi dan radiasi agak rendah. Dalam hal menentukan daya output dari modul surya, adalah sangat penting menentukan temperatur operasi yang diharapkan dari modul surya. Temperatur permukaan sel surya dapat dihitung dari temperatur sekitar T_a dengan iradian G dengan parameter yang disebut dengan Nominal Operating Cell Temperatur (NOCT), ditulis sebagai berikut:

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20}{800} \cdot G$$

Dimana :

NOCT = Temperatur yang dicapai modul dalam keadaan tanpa beban

Iradian pada permukaan sel = 800 W/m²

- Temperatur udara = 20°C
 Kecepatan angin = 1 m/dtk.
 Penopang modul = terbuka belakang.

Untuk menghitung kapasitas out suatu PV adalah sebagai berikut:

$$PV (Kw) = \frac{E_o \cdot G_R}{\pi \cdot G_o \cdot [1 + a(T_c - T_{STC})]}$$

Dimana:

- PV : kapasitas panel surya yang akan ditentukan (Kw)
 H : efisiensi panel surya (%)
 Go : tingkat radiasi matahari pada STC (25oc)
 GR : tingkat radiasi matahari pada kondisi sebenarnya (oc)
 A : koefisien temperatur dari daya modul surya (%/oc)
 TC : temperatur panel surya pada kondisi sebenarnya (oc)
 TSTC : temperatur modul surya pada STC (oc)

Menghitung area Potovoltaik

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

dimana:

- PV area = luas area fotovoltaik
 EL = Besar pemakaian energi listrik
 Gav = short circuit
 npv = arus fotovoltaik
 TCP = Temperatur Corection
 n out = efisiensi keluaran fotovoltaik

Menghitung jumlah panel surya yang dibutuhkan

$$\text{Jumlah panel Surya} = \frac{P_{wp}}{P_{MPP}}$$

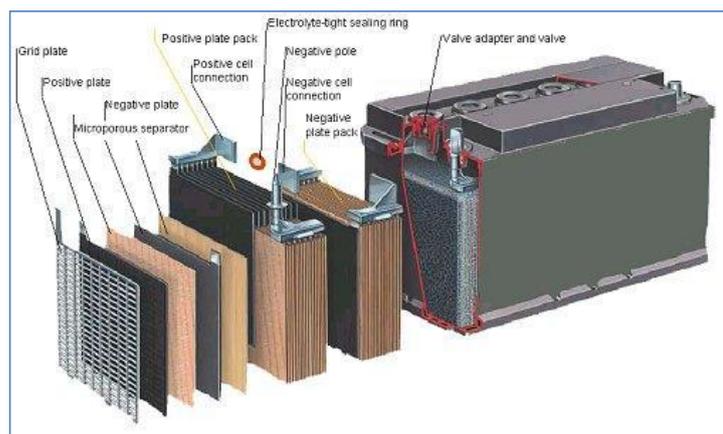
Di mana:

P_{wp} = daya yang dihasilkan panel setiap jam.

P_{mpp} = Daya panel surya

2. Baterai

Baterai dalam suatu sistem PLTS Photovoltaic berfungsi sebagai penyimpan energi listrik sekaligus untuk menstabilkan tegangan dan arus keluaran sistem. Secara umum, baterai yang digunakan pada sistem PLTS adalah baterai sekunder, artinya menggunakan lebih dari satu sel baterai yang tersambung bersama dan digunakan sebagai pemasok energi. Sebelum siap digunakan, baterai ini harus telah berisi muatan energi serta bisa diisi ulang.



Gambar 2.7. Baterai / Aki

Tabel 3.2 Tipe Baterai Sekunder Dan Karakteristiknya

Battery Type	Cost	Deep Cycle Performance	Maintenance
Flooded Lead-Acid			
Lead-Antimony	low	good	high
Lead-Calcium Open Vent	low	poor	medium
Lead-Calcium Sealed Vent	low	poor	low
Lead Antimony/Calcium Hybrid	medium	good	medium
Captive Electrolyte Lead-Acid (VRLA)			
Gelled	medium	fair	low
Absorbed Glass Mat	medium	fair	low
Nickel-Cadmium			
Sintered-Plate	high	good	none
Pocket-Plate	high	good	medium

1. Tipe Baterai

Berdasarkan SPLN D3.022-3:2012 tentang Baterai Sekunder untuk PLTS, jenis baterai sekunder yang digunakan harus memiliki kriteria berikut ini:

- a. Baterai dari jenis *deep cycle lead acid* dan *Nickel-cadmium*, untuk *Solar power system (Cyclic PV type)*
- b. Untuk Baterai jenis *deep cycle lead acid* harus memiliki ketentuan sebagai berikut:
 - Sistem memiliki katup pengatur *Valve Regulated Lead Acid (VRLA) battery*, disarankan memiliki recombination rate yang tinggi (> 70%)
 - Media elektrolit jenis cair, gel atau AGM (*Absorbed Glass Mat*).
 - Elektrode jenis tubular.
- c. Baterai terdiri dari satu sel dan tegangan per sel (VPC: *voltage percell*) untuk *lead acid* 2 Vdc, untuk jenis Nickel 12 Vdc.

- d. Untuk menghindari efek memori pada jenis baterai NiCad, maka yang digunakan harus dari tipe Sentered *plate* atau yang tipe *fibre*.
- e. Kapasitas per sell baterai minimal 1000 Ah pada C20 *discharge rate*.
- f. Jumlah siklus (*cycle*) baterai minimal 1500 siklus (*cycle*) pada DOD 80%, C20 *discharge rate*.

2. Parameter Baterei

Kapasitas Baterai adalah kemampuan baterai untuk menyimpan atau mengeluarkan energi, biasanya dinyatakan Ampere-Hour atau kWh.

SOC: ukuran dari beberapa banyak total kapasitas yang masih tersedia, dinyatakan dalam %. Contoh: untuk baterai 1000 Ah

85 % SOC = masih tersedia 850 Ah dalam baterai

25 % SOC = masih tersedia 250 Ah dalam baterai

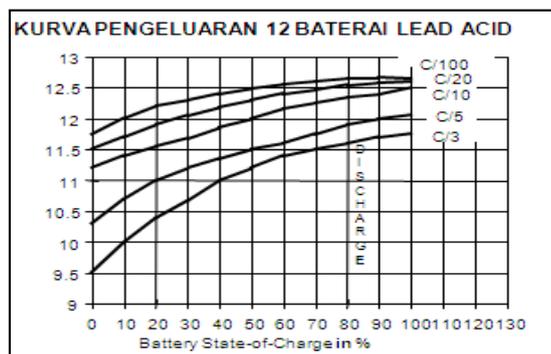
DOD: ukuran dari beberapa banyak total kapasitas baterai yang telah diambil, dinyatakan dalam %. Contoh: untuk baterai 2000 Ah

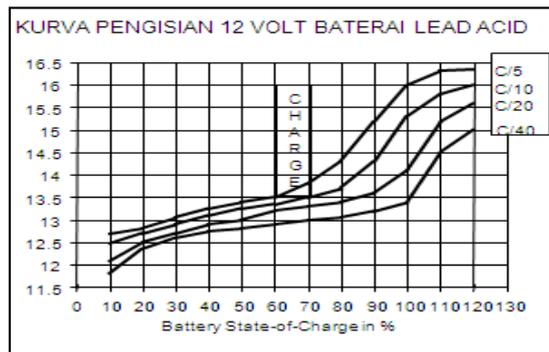
30 % SOC = 600 Ahtelah digunakan

80 % SOC = 1600 Ahtelah digunakan

Charge Rate: Laju pengisian kapasitas baterai, tergantung pada SOC

Discharge Rate: Laju pengeluaran energi dari baterai





Gambar 2.8. Parameter Baterai tahun 2016

3. Menghitung Kapasitas Baterai.

Kapasitas Nominal atau Nominal Capacity, CNBat: jumlah daya maksimum yang dapat diambil dari sebuah baterai yang terisi penuh. Ini diekspresikan dalam Ampere-jam (Ah) atau Watt-jam (Wh). Banyaknya daya yang bisa didapatkan dari baterai bergantung pada waktu dimana proses ekstraksi terjadi. Mengeluarkan daya baterai dalam jangka waktu lama akan menghasilkan lebih banyak daya dibandingkan dengan mengeluarkan daya baterai dalam jangka waktu yang singkat.

Kapasitas baterai oleh sebab itu dispesifikasi di waktu pengeluaran daya yang berbeda. Untuk aplikasi fotovoltaik, waktu ini sebaiknya lebih lama daripada 100 jam (C100). Kapasitas suatu baterai merupakan besar arus listrik (ampere) baterai yang dapat dialirkan ke suatu rangkaian luar (beban), dalam jangka waktu tertentu (jam), untuk memberikan tegangan tertentu.

Kapasitas penyimpanan energi baterai dapat dinyatakan dalam kilowatt-jam (kWh), yang dapat didekati dengan mengalikan kapasitas dalam Ampere-hours dengan tegangan baterai nominal dan membagi dengan 1000.

Misalnya, nominal baterai 12 Volt, 100ampere-jam baterai memiliki kapasitas penyimpanan energi $(12 \times 100) / 1000 = 1,2$ kilowatt-jam.

Rumus Kapasitas Baterai:

$$C = I \times t$$

Di mana: C = Kapasitas baterai dalam ampere-jam (Ah)

I = Besar arus yang mengalir (A)

T = Waktu (Jam)

Kapasitas baterai merupakan suatu ukuran kemampuan baterai untuk menyimpan atau mengeluarkan energi, biasanya dinyatakan dalam satuan Ampere-Hour. Kapasitas umumnya ditentukan dengan tingkat arus pengosongan tertentu dan selama waktu tertentu.

Kapasitas baterai tergantung pada faktor desain baterai yang dipengaruhi:

- a. jumlah material aktif
- b. jumlah baterai,
- c. desain dan dimensi fisik dari plate
- d. Berat jenis elektrolit.

Faktor operasional yang mempengaruhi kapasitas meliputi:

- a. tingkat pengosongan,
- b. kedalaman/laju pengosongan,
- c. pemotongan tegangan (cut off voltage),
- d. temperatur, umur
- e. Sejarah cycle pengisian dan pengosongan pada baterai.

Kandungan Energi

Secara umum, energy (E) dengan satuan Wh pada suatu baterai dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = \int_0^t v(t) \cdot i(t) \cdot dtwh$$

Di mana:

U = Tegangan dalam Volt

I = Arus discharge dalam A

T = waktu dalam jam

Ukuran kapasitas suatu baterai sering kali ditentukan pada arus beban secara konstan dan output energi yang dihitung dengan mengalikan kapasitas yang terukur dengan tegangan discharge. Hubungan yang dapat menggambarkan kandungan energi suatu baterai adalah:

1. Tegangan discharge awal, tegangan pada saat beban digunakan
2. Tegangan discharge rata-rata, kurang lebih rata-rata tegangan selama waktu discharge keseluruhan.
3. Titik tengah tegangan discharge; tegangan setelah 50 % kapasitas setelah discharge

Untuk resistansi discharge yang konstan secara normal pada suatu baterai ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$A = \frac{I}{R} \int_0^t u(t)^2 dt$$

Tahanan tetap discharge pada suatu baterai primer dinyatakan dengan $R(\Omega)$ = bernilai tetap sebagai tahanan dalam.

3. Inverter

a. Fungsi Dan Prinsip Kerja Inverter

Inverter berguna untuk merubah arus DC keluaran sel photovoltaic atau dari baterai menjadi arus AC sesuai sistem kelistrikan, juga sebaliknya merubah arus AC dari grid menjadi arus DC untuk mencharge baterai. Selain mengontrol arus, bi-directional inverter juga bisa mengatur tegangan dan frekuensi. Secara umum, inverter menggunakan transformator, switching dan rangkaian kontrol yang tepat.



Gambar 2.9. Inverter 1000 watt Tahun 2016

Kriteria teknis inverter yang dipersyaratkan oleh SPLN D3.022-2 2012 adalah sebagai berikut:

a) Alat Pengontrol atau Inverter yang digunakan harus sesuai kriteria berikut:

- PLTS *On Grid* menggunakan inverter jenis *On Grid Inverter*;

- PLTS *Off Grid* menggunakan inverter jenis *Off Grid Inverter/Bi-directional inverter*;
 - PLTS *Hibrid* menggunakan inverter jenis *Bi-directional* atau dikombinasi *On Grid Directional Inverter*.
- b) Tegangan Keluaran Inverter harus memiliki kualitas gelombang dengan THD (*Total Harmonic Distortion*) maksimum 3 %. THD arus untuk grid connected 5%;
 - c) Memiliki sistem pengaturan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dengan metoda PWM (*Pulse Width Modulation*);
 - d) Mampu bekerja pada suhu lingkungan sampai dengan 450 C;
 - e) *Current Limited* Ihsc 3 kali In (arus hubung singkat 3 kali arus nominal);
 - f) Efisiensi > 90% pada beban penuh;
 - g) Mempunyai fitur PQ mode untuk *grid connected* dan PV untuk *stand alone*.

Sedangkan dalam hal kapasitas, yang perlu dipertimbangkan:

- a) Kapasitas atau daya inverter harus mampu pada kondisi daya rata-rata, tipikal dan surja;
- b) Kapasitas inverter dalam kVA minimum 1,2 kali kapasitas PV terpasang;
- c) Kapasitas inverter setiap string disesuaikan dengan kapasitas beban puncak dengan pengaturan sesuai tabel berikut:

Tabel 2.1. Kapasitas Inverter Setiap String

Kapasitas (kWp)	Jumlah String	Kapasitas per unit (kW/string)
≤ 100	2 - 3	40 - 50
101 – 200	2 - 4	50 - 100
201 – 300	3 - 6	50 - 100
>300	≥ 3	100 - 300

Dalam kasus dimana beban kelistrikan didominasi jenis peralatan berupa motor atau kompresor, kapasitas inverter perlu dipertimbangkan lebih besar (2 atau 3 kali dari kapasitas modul) untuk mengantisipasi hentakan arus (surge current) pada saat start.

b. Menentukan Kapasitas Inverter

Pertimbangan pemilihan kapasitas inverter tidak berbeda jauh dengan pertimbangan dalam menentukan kapasitas *charge controller*. Jumlah dan kapasitas inverter ditentukan oleh jumlah seluruh daya dari sistem PLTS dan konsep (pola operasi dan konfigurasi) yang dipilih. Pada beban yang memiliki faktor beban rendah, perlu diperhatikan agar inverter memiliki bentangan karakteristik efisiensi yang lebar artinya inverter memiliki efisiensi relatif konstan pada beban rendah sampai tinggi. Untuk menghitung kapasitas inverter dapat di tentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$p_{inv}(kW) = v_{ov} \times I_{sc} \times \eta \times f_c$$

Di mana:

Voc = Tegangan tanpa beban.

Isc = Arus hubung singkat.

η = efisiensi/faktor derating inverter ($> 0.95\%$)

f_c = faktor koreksi (sekitar 1.25 - 1.3)

2. Solar Charge Controller

Solar charge controller pada dasarnya adalah pengubah arus DC ke DC yang berfungsi untuk mengontrol pengisian baterai. Kapasitas charge controller umumnya dinyatakan dengan operational Amp dan Voltage, harus didesain memiliki kapasitas yang cukup bagi arus keluaran dari PV array, dimana juga tergantung pada konfigurasi modul (seri atau paralel).



Gambar 2.12. Charger Controller Tahun 2016

Solar charge controller atau sering disebut charge controller adalah peralatan yang terhubung ke panel surya dan keluarannya terhubung ke batere dan atau ke inverter. Charge controller berfungsi mengurangi pengaruh ketidakstabilan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya sebelum diumpankan ke inverter. Disamping itu hal yang terpenting bagi suatu sistem PLTS yang menggunakan batere adalah untuk mencegah batere kerusakan

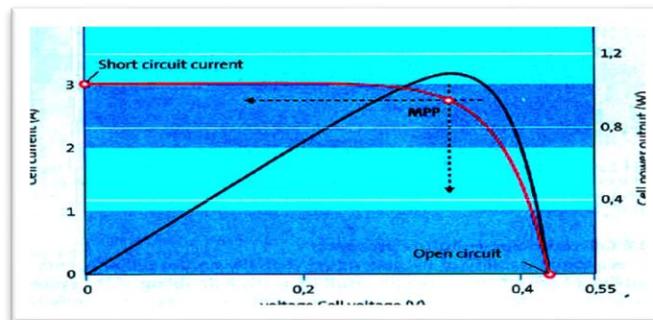
karena kelebihan pengisian (*overcharge*) atau kelebihan pengosongan muatan (*over discharge*). Prinsipnya charge controller adalah suatu dc to dc converter.

Untuk standard praktisnya, kapasitas minimal charge controller dihitung berdasarkan Short Circuit Current (ISC) dari PV array dengan dikalikan faktor 1.3 kali.

$$\text{Solar charge controller} = \text{Total ISC dari PV array} \times 1.3$$

Untuk sistem controller yang menggunakan MPPT, penghitungan kapasitas charge controller bisa berbeda. Hal ini disebabkan MPPT bukan bekerja pada Short Circuit Current tetapi pada tegangan spesifik saat maximum power

MPPT adalah jenis PV controller dengan karakteristik mendapatkan nilai maksimum daya (maximum power point) yang dihasilkan oleh modul surya untuk mencharge baterai atau disalurkan ke jaringan distribusi (beban).



Gambar 2.13. Kurva I-V Dan Daya Sel Photovoltaic

Pada PV controller, tegangan modul surya disesuaikan lebih tinggi sedikit dengan tegangan baterai yang sedang discharge. Sebagai contoh, untuk baterai 12 Volt, maksimum tegangan peak power point solar cells panel adalah

sekitar 17 - 18V. Tanpa MPPT, modul surya akan beroperasi di sekitar tegangan baterai. Hasil ini kerugian dari power tenaga yang berasal dari array.

Keuntungan yang sesungguhnya dari MPPT bergantung pada suhu modul surya saat beroperasi dan level tegangan baterai. Saat modul surya beroperasi pada kondisi dingin, akan dihasilkan tegangan lebih tinggi. Saat tegangan sel photovoltaic panel tinggi, ada perbedaan yang sangat besar antara modul surya dan tegangan baterai dan itu potensial tenaga lebih yang diperoleh dari MPPT.

F. Pengkabelan

Pengkabelan antar modul surya lebih diutamakan menggunakan kabel tembaga dengan alasan drop voltage yang tidak terlalu besar dan lebih resistant terhadap kondisi cuaca luar dan korosi dibanding aluminium. Dari sisi kapasitas, kapasitas kabel untuk modul surya disyaratkan minimal 156% dari ISC (arus short circuit) (standar NEC article 690). Untuk penggunaan string dan combiner, kapasitas kabel harus disesuaikan dengan arus output pada masing-masing string/combiner. Dari sisi tegangan, faktor ketahanan isolasi kabel yang dipakai harus disesuaikan dengan tegangan output dari array modul surya, dimana S Selain itu, faktor ketahanan insulasi kabel terhadap suhu juga (temperature rating) harus dipertimbangkan mengingat modul surya biasanya akan beroperasi pada suhu yang relatif tinggi (di atas 600C).

Diagram pengkabelan untuk setiap array modul surya harus dispesifikasikan secara jelas dan menggunakan pengkodean yang konsisten sehingga mudah dipahami. Diagram ini harus mencakup:

- Spesifikasi penyusunan larik (array) modul surya, termasuk jenis jumlah dan konfigurasi.
- Ukuran dan jenis kabel untuk setiap sub pengkabelan (antar modul, pada string, combiner)
- Spesifikasi by-pass diode dan blocking diode (jika relevan)
- Spesifikasi sistem proteksi pada string dan larik, meliputi jenis, lokasi dan set pointnya

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat

1. Waktu

Penelitian ini dilakukan dalam kurung waktu 6 bulan yaitu bulan Juni sampai dengan Desember 2016.

2. Tempat/Lokasi Penelitian ini dilakukan di lokasi tambak di Kabupaten Takalar

B. Pengumpulan Data

1. Studi Pustaka (Literature)

Adalah suatu teknik pengumpulan data dengan cara mengumpulkan, mempelajari berkas- berkas dokumen dan arsip yang ada di perpustakaan serta buku buku penunjang tentang sistem pembangkit listrik tenaga surya. Selanjutnya data tersebut menjadi referensi dan sekaligus mencoba mengaplikasikan teori-teori yang ada menjadi suatu perakuitan alat.

2. Interview (Wawancara)

Adalah suatu teknik pengumpulan data dengan cara melalui tanya jawab atau berdiskusi dengan pihaak yang mengetahui serta menguasai segala pemasalahan yang dihadapi dalam hal permasalahan dan dan

pembuatan sistem pembangkit tenaga surya. Ini dalam hal ini penulis melakukan diskusi dengan pihak pembimbing.

C. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan metode studi kasus, yaitu suatu metode yang dilakukan dengan melakukan riset terhadap lokasi penelitian dan melakukan pengembangan terhadap aplikasi yang terkait.

D. Alat Dan Bahan

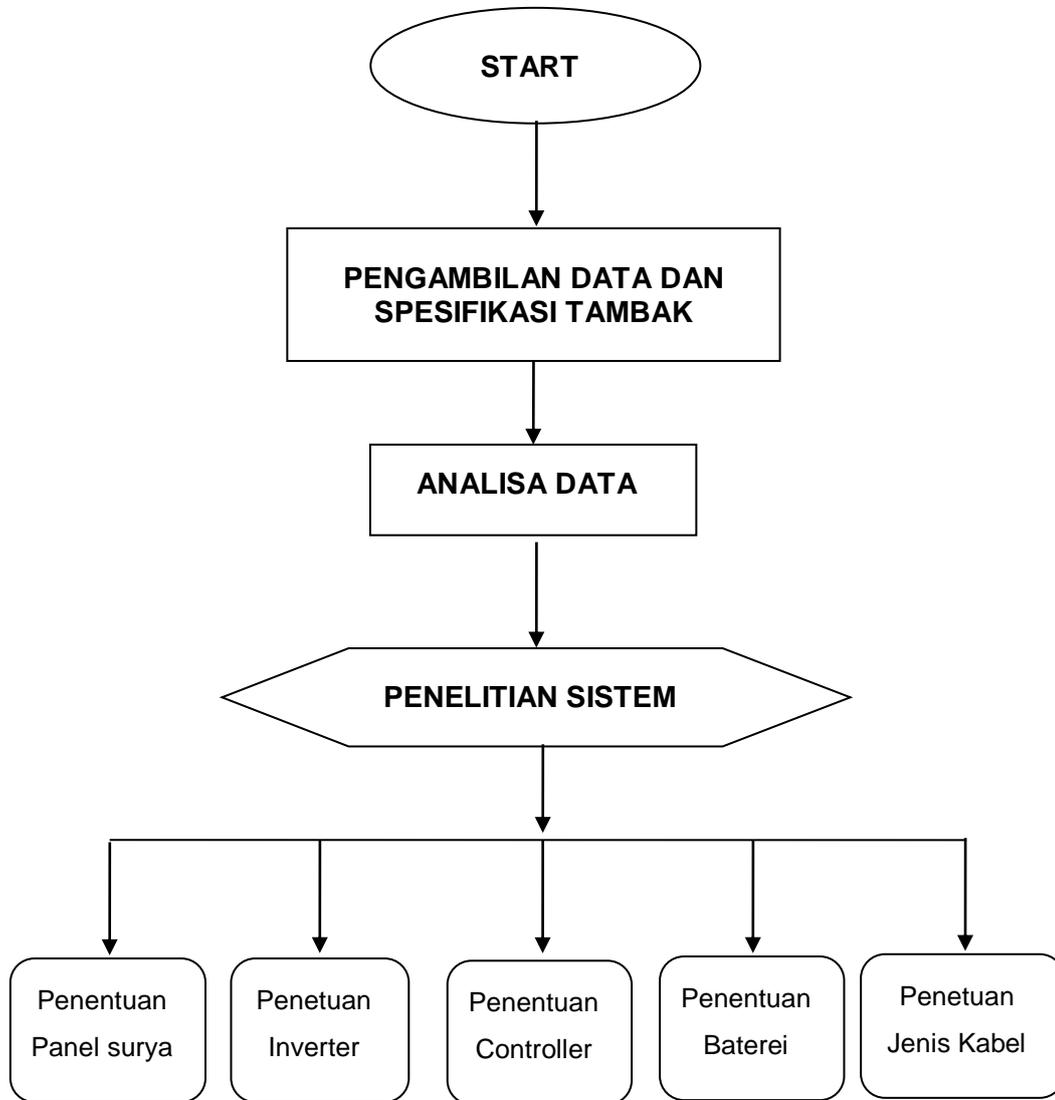
Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Laptop, yaitu alat yang digunakan untuk mendesain
2. Kalkulator, yaitu digunakan untuk melakukan perhitungan

Adapun bahan yang di gunakann dalam penelitian ini yaitu :

1. Data name plate generator listrik
2. Data name plate motor listrik
3. Data kondisi tambak atau Dimensi tambak.
4. Data jumlah kincir yang digunakan.

E. Alur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Blok Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Tambak

Kincir air tambak merupakan alat penyuplai oksigen di dalam kolam atau tambak. Tambak udang sebagai suatu ekosistem perairan buatan dan bersifat tertutup sangat membutuhkan perlakuan teknis budidaya yang dapat menstimulasi proses-proses fisika, kimia dan biologi menuju keseimbangan ekosistem perairan tersebut.



Gambar.4.1 Kincir Tambak Intesif

Pada desain sistem ini, lokasi tambak berada di kabupaten takalar kec. Galesong utara dengan luas area tambak 30 x 40 m².

B. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

a. Menentukan Potensi Energi Radiasi Matahari

Matahari adalah sumber energi sebenarnya. Sumber energy primer lainnya adalah bagian dari campur tangan matahari. Salah seorang peneliti mencatat bahwa matahari memiliki potensi sebagai berikut:

Adapun data intensitas cahaya matahari yang terdapat pada lokasi perencanaan PLTS ada sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Insulasi Matahari di Kab.Takalar

Bulan	Insuloation (Kwh/m²/Day)	Bulan	Insuloation (kWh/m²/Day)
Januari	5,53	Juli	5,92
Februari	5,64	Agustus	6,60
Maret	6,14	September	7,26
April	5,59	Oktober	7,26
Mei	5,98	November	6,52
Juni	5,61	Desember	6,68
Rata-Rata Tahunan		6,17	
Insulasi Tertinggi		7,26	
Insulasi Terendah		5,53	

b. 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 area tambak dan lama pemakaiannya. Dalam penelitian ini beban

direncanakan berupa motor listrik dan lampu penerangan dengan spesifikasi yang data tekniknya dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Data Teknik Motor Penggerak Aertor

Merk	Yemastar
Type	Yc90li4
Daya	1hp
Kw	0,75 Kw
Frekuensi	50 Hz
Volt	220/380
Ampere	6,87 A
Rpm	1420 rpm
Insulasion	Class C
Phase	1

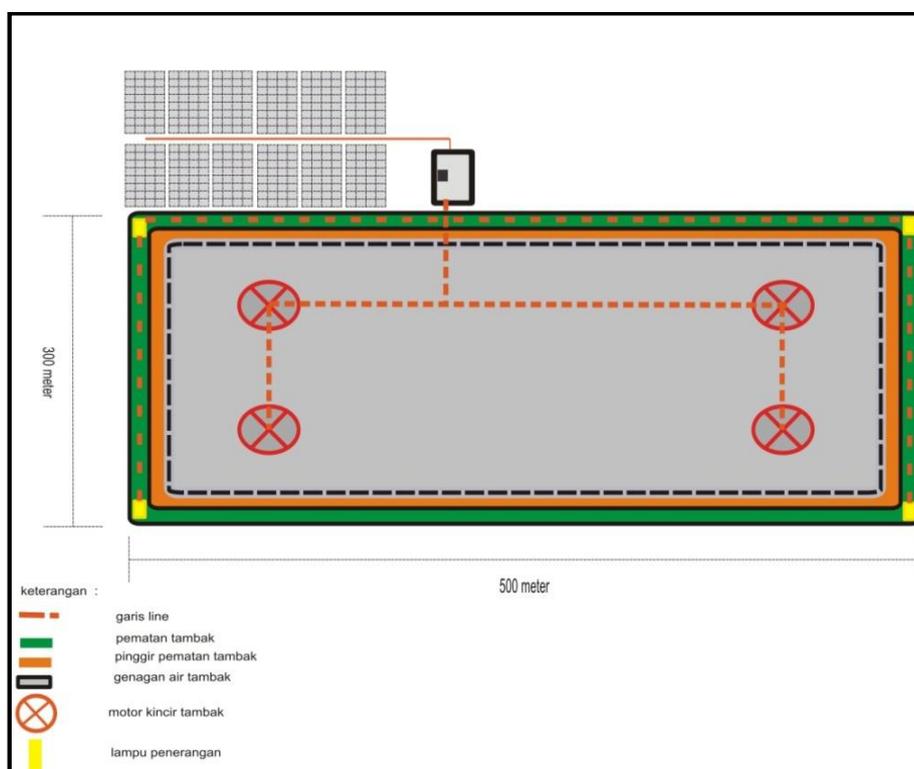
Dengan rentang waktu pemakaian 20 jam yaitu pukul 08.00 sampai dengan 06.00 pada siang hari dan WITA sampai dengan pukul 22.00 WITA. Maka data beban yang direncanakan dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Perhitungan Daya dan Energi Harian

No	Jenis Peralatan	Jumlah	Daya	Lama Operasi	Total Energi/Hari
1	Motor Listrik	4	750 Watt	20 Jam	60.000 Wh
2	Lampu TL	2	50 Watt	10 Jam	1000 Wh
3	Lampu TL	2	15 Watt	10 Jam	150 Wh
Total			3.130 Watt		61.150 Wh

Dari tabel perhitungan diatas diperoleh jumlah motor listrik dan lampu penerangan yang digunakan yaitu sebanyak 4 buah, motor listrik 1 phasa dan 4 buah lampu penerangan dimana total kapasitas beban sebesar 3.130 W dengan total konsumsi energi harian sebesar 61.150 watt per harinya.

Adapun desain peletakan titik komponen PLTS, motor kincir tambak dan Lampu penerangan dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini:

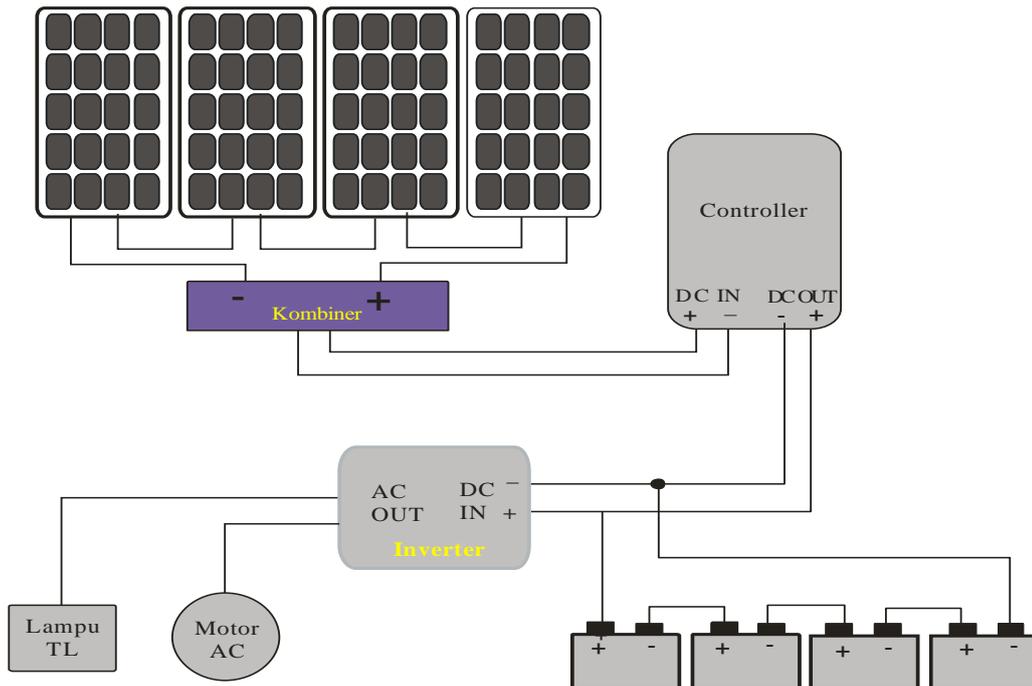


Gambar 4.2 Desain Pelataakan PLTS Dan Motor Kincir Tambak

c. Menentukan System PLTS

PLTS yang akan dikembangkan di pada area tambak direncanakan untuk menyuplai motor kincir aerator dan lampu penerangan tanpa terkoneksi dengan sistem kelistrikan. 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 area rambak. Terdiri dari array PV, Inverter, Charger Controller, Baterai, dan beban motor listrik AC dan lampu penerangan.



Gambar 4.3. Wiring Diagram PLTS *Off-grid*

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

4. Menghitung Area Array (PV Area)

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

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

Besar pemakaian energi listrik (E_L) motor kincir aerator dan lampu penerangan pada area tambak yang akan disuplai oleh PLTS adalah sebesar

61.150 Wp. Untuk nilai insolasi harian matahari akan dipergunakan nilai insolasi rata-rata terendah pada tahun 2017 yaitu sebesar 5,53 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 Area tambak.

Tabel 4.4 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 dan sekitarnya 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 nila TCF dapat dihitung dengan rumus 2.3 sebagai berikut:

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

$$= \frac{96,45\text{W}}{100\text{W}}$$

$$= 0,96$$

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

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

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

$$PV \text{ Area} = \frac{61.15 \text{ kWh}}{5,87 \times 0,17 \times 0,96}$$

$$= 63.831 \text{ m}^2$$

5. Menghitung daya yang dibangkitkan

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

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

Dengan area *array* adalah 63,83 m², *Peak Sun Insolation* (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi panel surya adalah 0,17 maka :

$$P(\text{Watt } peak) = 63,83 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,17$$

$$= 10.551,1 \text{ Watt } peak$$

1. 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:

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

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{10.851,1W}{100\ W}$$

$$= 108,511\ \text{panel}$$

$$= 109\ \text{panel kebutuhan seri-paralel}$$

$P_{watt\ peak}$ PLTS yang akan dikembangkan dengan jumlah panel surya sebanyak 66 panel adalah sebesar

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

$$= 100 \times 109$$

$$= 10.900\ \text{Watt peak}$$

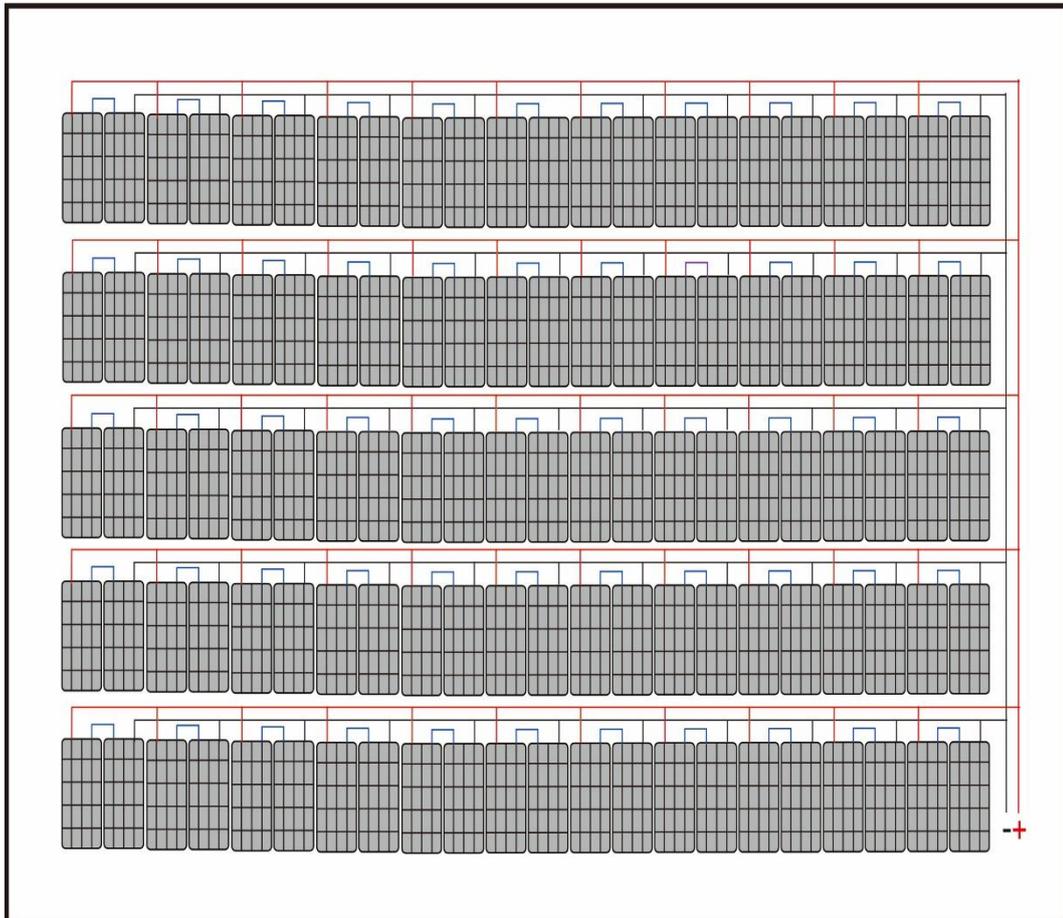
Dari nilai $P_{Watt\ peak}$ sebesar 10.900 Wp maka luas area PLTS dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$\text{Area PLTS} = \frac{10.900\ \text{Wp}}{1000 \times 0,17}$$

$$= 64,117\ \text{m}^2$$

Dengan panel surya sebanyak 109 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 110 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:

$$V_{MPP\ array} = 36,6\ V,$$

$$I_{MPP\ array} = 5,46 \times 109$$

$$= 595,14\ A$$

2. Pemasangan Panel Surya

Untuk mendapatkan energi 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 Kabupaten Takalar, Galesong Utara berada dibelahan bumi selatan berdasarkan hal tersebut, maka pemasangan panel surya (*array*) untuk PLTS di area tambak di orientasikan mengarah ke Utara.

3. 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

Kapasitas energi yang dibutuhkan untuk tambak udang sebesar 61.150 Watt-Jam/hari.

Jadi kapasitas baterai (dibutuhkan):

$$\begin{aligned} \text{kapasitas baterai} &= \frac{\text{total beban} \times \text{days of otonomy}}{\text{DoD} \times \text{voltase yang dibutuhkan}} \\ &= \frac{61.150 \times 3}{0,80 \times 24} \\ &= 9.554,68 \text{ Ah} \sim 9.555 \text{ Ah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah baterai yang diperlukan} &= \frac{24}{12} \\ &= 2 \text{ buah beteri (dirangkai seri)} \end{aligned}$$

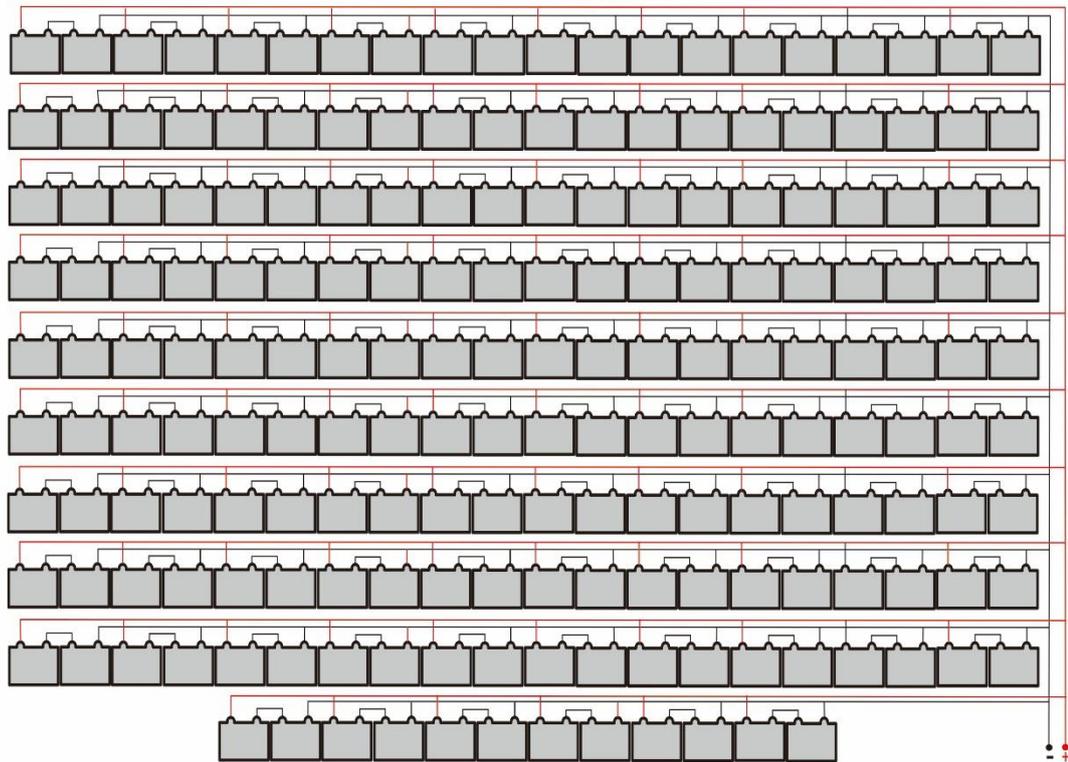
Jadi jumlah aki diperlukan (berdasarkan kebutuhan)

$$\begin{aligned} &= \frac{9.555 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}} \\ &= 95,55 \sim 96 \text{ buah (Paralel)} \end{aligned}$$

jadi jumlah total baterai yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} &= 2 \times 96 \\ &= 192 \end{aligned}$$

Dengan jumlah komponen baterai sebanyak 192 buah, agar dapat dirangkai parallel maka 192 buah baterai dirangkai secara parallel Desain rangkaian baterai jika di paralelkan akan ditunjukkan pada gambar 4.5 sebagai berikut :



Gambar 4.5 Desain Rangkaian 192 Baterai secara parallel

Sesuai dengan hasil perhitungan diatas maka jumlah kapasitas baterai yang mendapatkan tegangan 24 V dan arus 19.200 A. Jadi total kapasitas baterai yaitu 9.555 Ah. Baterai yang digunakan sebagai acuan dalam desain penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.4. Sebagai berikut:

Spesifikasi Baterai yang Digunakan

Tabel 4.5 Spesifikasi Baterai PK250-12 (12V 100Ah)

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	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	60%
Max Discharge current	2000A(5s)	
Teminal	T6/T12	
Charge (constant Voltage, 25°C)	Cycle	26.4~26.7(-
	Float	13.6~13.8V(-

Sumber: www.cahaya-led.com

4. Kapasitas ChargeController

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

$$\begin{aligned}
 I_{SSC} &= I_{SC \text{ panel}} \times N_{\text{panel}} \times 125 \% \\
 &= 5,86 \times 65 \times 1,25 \\
 &= 476,125 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas *Chargecontroller* yang dibutuhkan adalah minimal 476,125 A /24V.

5. Menghitung Kapasitas Inverter.

Pertimbangan pemilihan kapasitas inverter tidak berbeda jauh dengan pertimbangan dalam menentukan kapasitas *charge controller*. Jumlah dan kapasitas inverter ditentukan oleh jumlah seluruh daya dari sistem PLTS dan konsep (pola operasi dan konfigurasi) yang dipilih. Pada beban yang memiliki faktor beban rendah, perlu diperhatikan agar inverter memiliki bentangan karakteristik efisiensi yang lebar artinya inverter memiliki efisiensi relatif konstan pada beban rendah sampai tinggi. Untuk menghitung kapasitas inverter dapat di tentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} p_{inv}(kw) &= v_{ov} \times I_{sc} \times \eta \times f_c \\ p_{inv} &= 3130 \times 5,86 \times 0,95 \% \times 1,3 \\ &= 11.000,55 \text{ wat} \\ &= 111000 \text{ watt} \end{aligned}$$

dari perhitungan diatas, kapasitas inverter yang dibutuhkan untuk instalasi PLTS fotovoltaik ini sebesar 111 kw

6. 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.

1. Arus nominal pada masing-masing sesuai daya motor listrik dan lampu penerangan

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

Dengan persamaan diatas maka didapatkan arus nominal untuk motor listrik dengan daya 750 watt = 6,87 A, dan lampu sorot 50W= 3,33A, Maka Kuat Hantar Arus (KHA) atau arus rating aman diperhitungkan dengan persamaan berikut:

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

Sehingga I_{rating} untuk tiap-tiap motor listrik dan lampu sorot adalah 750W= 6,87A dan 50W=3,33A

Jadi, penghantar yang digunakan untuk arus sebesar 6,87 A dan 3,33 A adalah kabel NYAF 1 x 1,5 mm dengan KHA maksimum 19 A.

2. Penentuan panjang penghantar

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

Tabel 4.6 Panjang masing-masing penghantar

No	Motor listrik & Lampu (Kode Gambar)	Panjang(M)	10%
	1/1	30	33
	1/2	8	8,8
	1/3	22	24,2
	1/4	45	49,5
	1/5	29	31,9
	1/6	15	16,5
	2/1 dan 2/2	46	50,6
	3/1 dan 3/2	48	52,8
	2/3 dan 2/4	50	55

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.

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

Untuk menentukan hambatan penghantar digunakan rumus 2.15 dimana nilai hambatan jenis tembaga yang digunakan adalah $\text{Cu } 0,017241 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ dan L adalah panjang kabel penghantar (Lihat Tabel4.5).

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

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

Tabel 4.7 Hambatan Masing-masing penghantar (Kabel)

No	Motor listrik & lampu (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:

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

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

Tabel 4.8 Jatuh tegangan masing-masing penghantar

No	Motor listrik &Lampu (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 4.9 Tegangan Ujung Penghantar

No	Motor listrik & Lampu (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

1. Sistem PLTS yang digunakan adalah sistem PLTS yang berdiri sendiri (*stand alone*) dengan daya beban yaitu 3.130 W dan total energi harian 61.150 Kw, Luas PV area yang dibutuhkan adalah 63.831 m² daya yang dibangkitkan PLTS (Watt *peak*) adalah 10.551,1 Wp, total jumlah panel yang diperlukan sebanyak 109 panel dimana 2 panel disusun secara seri dan 96 panel disusun secara paralel yang diorientasikan kearah utara, jumlah penyimpanan energi yang dibutuhkan sebesar 72.720 Wh.
2. Pada PLTS ini menggunakan 192 buah baterai paralel, dengan kapasitas baterai yaitu 14 V dan arus 100 Ah. Jadi total kapasitas baterai yang dibutuhkan yaitu 9.555 Ah.

DAFTAR PUSTAKA

1. HasanHasnawiya, (2012) *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi, Jurusan Teknik Perkapalan - Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin*
2. Timotius Chris, Ratnata I Wayan, Mulyadi Yadi, Mulyana Elih, (2009), *Perancangan dan Pembuatan Listrik Tenaga Surya, Laporan Penelitian Hibah Kompetitif, Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.*
3. (Source: infinite solar: <http://solarschoolpa.com/blog/the-potential-of-solar-power-for-the-future.html>)
4. <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>.
5. Sofyan Moch.(2013) *Manual Bookhead Of New & Renewable Energy Division PT PLN (Persero) Solar Workshop, Indonesia Jakarta, ,*
6. Bansai NK, et .al. 1990. *Renewable Energy Sources And Conversion Technology*, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Limited, New Delhi
7. darmawan andy, (2008) .*Penerapan Sistem Photovoltaik Sebagai Suplai Daya Listrik Beban Pertamanan*