

**PERENCANAAN *SOLAR CELL* UNTUK SISTEM HIDROPONIK  
VERTIKAL DENGAN PENCAHAYAAN LED**

**NUR'UL HUSNA**

**G041 17 1008**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**PERENCANAAN *SOLAR CELL* UNTUK SISTEM HIDROPONIK  
VERTIKAL DENGAN PENCAHAYAAN LED**

**NUR'UL HUSNA  
G041 17 1008**



Skripsi  
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian  
Pada  
Departemen Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERENCANAAN *SOLAR CELL* UNTUK SISTEM HIDROPONIK  
VERTIKAL DENGAN PENCAHAYAAN LED**

**Disusun dan diajukan oleh**

**NUR'UL HUSNA  
G041 17 1008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping

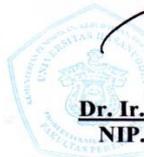


**Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng.**  
NIP. 19620727 198903 1 003



**Husnul Mubarak, S.TP, M.Si.**  
NIP. 19890406 201904 3 001

Ketua Program Studi

**Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si., IPM.**  
NIP. 19781225 200212 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur'ul Husna  
NIM : G041 17 1008  
Program Studi : Teknik Pertanian  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Perencanaan *Solar Cell* untuk Sistem Hidroponik Vertikal dengan Pencahayaan LED adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 14 Februari 2022

Yang Menyatakan



(Nur'ul Husna)

## ABSTRAK

NUR'UL HUSNA (G041 17 1008). Perencanaan *Solar Cell* untuk Sistem Hidroponik Vertikal dengan Pencahayaan LED. Pembimbing: AHMAD MUNIR dan HUSNUL MUBARAK.

Budidaya sistem hidroponik dalam ruangan (*indoor*) sangat cocok diterapkan di lahan perkotaan yang terbatas sinar matahari karena banyaknya gedung-gedung yang tinggi. Hidroponik *indoor* yang menggunakan lampu LED sebagai pencahayaan buatan tentunya membutuhkan lebih banyak energi listrik. Namun, penggunaan energi listrik berbahan dasar fosil sudah cukup tinggi dan menimbulkan dampak pemanasan global, maka dari itu dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumber energi alternatif yaitu energi matahari, dimana cahaya yang berasal dari matahari diubah menjadi energi listrik menggunakan *solar cell*. Tujuan penelitian ini untuk melakukan rekayasa sistem hidroponik vertikal dengan pencahayaan LED yang menggunakan *solar cell*. Metode penelitian yang dilakukan adalah menyiapkan data yang dibutuhkan yaitu penggunaan energi listrik untuk pompa, lampu dan kipas angin beserta lama waktu pemakaian serta data radiasi matahari di lokasi penelitian. Selanjutnya menentukan kapasitas dan jumlah modul, menentukan komponen PLTS seperti baterai, inverter dan *solar charge controller* dan menghitung *performance ratio*. Berdasarkan perhitungan, beban listrik pada hidroponik sebesar 134 W dengan pemakaian energi listrik perharinya mencapai 1608 Wh maka perancangan PLTS menggunakan panel berkapasitas 100 Wp sebanyak 6 buah, baterai 12V 60Ah, *solar charge controller* berkapasitas 45,708 A dan inverter berkapasitas 1000 W. Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang dilakukan perencanaan PLTS untuk hidroponik ini dikatakan layak karena nilai *Performance Rationya* sebesar 81%.

**Kata Kunci:** Hidroponik, Inverter, Sel Surya, Pengontrol Muatan Surya.

## **ABSTRACT**

NUR'UL HUSNA (G041 17 1008). "Solar Cell Planning for Vertical Hydroponic System with LED Lighting" Supervisors: AHMAD MUNIR and HUSNUL MUBARAK

*The indoor hydroponic system cultivation is very suitable for application in urban areas where sunlight is limited due to many tall buildings. Indoor hydroponics that uses LED lights as artificial lighting certainly requires more electrical energy. However, the use of fossil-based electrical energy is quite high and impacts global warming; therefore, it can be done by utilizing alternative energy sources, namely solar energy, where light from the sun is converted into electrical energy using solar cells. This research aims to engineer a vertical hydroponic system with LED lighting using solar cells. The research method used is to prepare the required data, namely the use of electrical energy for pumps, lights, and fans, the length of use, and data on solar radiation at the research location. Next, determine the capacity and number of modules, determine PLTS components such as batteries, inverters, and solar charge controllers and calculate the performance ratio. Based on calculations, the electric load on hydroponics is 134 W, with daily electricity consumption reaching 1608 Wh. The PLTS design uses 6 panels with a capacity of 100 Wp, 12V 60Ah batteries, a solar charge controller with a capacity of 45.708 A, and an inverter with a capacity of 1000 W. Based on these calculations, The PLTS planning for hydroponics is said to be feasible because the Performance Ratio value is 81%.*

**Keywords:** hydroponic, inverter, solar cell, solar charge controller.

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., karena atas rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa-doa serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayahanda **La Ode Fayaman** dan Ibunda **Hidarni Erawati** atas setiap doa tulus yang senantiasa dipanjatkan baik dalam sehat maupun sakit, nasehat, motivasi serta dukungan dan pengorbanan keringat yang diberikan kepada penulis mulai dari kecil hingga besar bahkan sampai pada tahap ini.
2. **Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng** dan **Husnul Mubarak S.TP., M.Si** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan, saran, kritikan, petunjuk serta segala arahan yang telah diberikan dari tahap penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi selesai.
3. **Prof. Dr. Ir. Mursalim** selaku dosen pembimbing akademik dan Dosen-dosen Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Keteknikan Pertanian yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan.
4. **Ayu Azhar, Musdalifa, Brayen, Arif, Taufik, Ashraf, Rama Pien, Adi, Miftah, Dian, Mutmainnah, Sri Apriani, Nasma**, serta teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah menemani serta membantu selama penelitian maupun dalam proses pengerjaan skripsi, selalu memberi semangat dan juga dorongan selama perkuliahan.
5. **Teman-teman di Tekpert 2017** sebagai teman angkatan yang selalu mendukung dan membantu penulis sejak awal masuk kampus. Banyak kenangan yang telah teruntai selama menjalani perkuliahan.

Semoga segala kebaikan mereka akan berbalik ke mereka sendiri dan semoga Allah SWT. senantiasa membalas segala kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, 14 Februari 2022

Nur'ul Husna

## RIWAYAT HIDUP



**Nurul Husna** lahir di Kolonodale pada tanggal 17 April 1999, anak pertama dari tiga bersaudara pasangan bapak La Ode Fayaman dan Ibu Hidarni Erawati. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Tingkat sekolah dasar yaitu di SDN 1 Beteleme pada tahun 2005 sampai tahun 2011.
2. Melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Lembo pada tahun 2011 sampai tahun 2014.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 6 Jeneponto pada tahun 2014 sampai tahun 2017.
4. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Keteknikan Pertanian pada tahun 2017 sampai tahun 2022.

Selama menempuh pendidikan di perkuliahan, penulis sempat aktif dalam organisasi kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA-UH) dan penulis juga pernah mengikuti Magang yang bertempat di Teaching Industry.

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
PERSANTUNAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Hidroponik.....	3
2.2 Pengganti Cahaya Matahari untuk Tanaman.....	4
2.3 Cahaya Matahari sebagai Sumber Energi Alternatif .....	5
2.4 <i>Solar Cell</i> .....	6
2.4.1 Baterai.....	8
2.4.2 Inverter.....	9
2.4.3 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i> .....	10
2.5 <i>Performance Ratio (PR)</i> .....	10
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Alat .....	12
3.3 Bahan .....	12
3.4 Prosedur Penelitian .....	12
3.4.1 Menyiapkan data.....	12
3.4.2 Menentukan kapasitas modul fotovoltaik.....	12

3.4.3	Menentukan kebutuhan baterai, inverter dan <i>solar charge controller</i> .....	13
3.4.4	<i>Performance Ratio</i> (PR) .....	13
3.5	Desain Hidroponik.....	13
3.6	Bagan Alir Penelitian.....	15
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	16
4.1	Perhitungan Kapasitas Beban .....	16
4.2	Data Radiasi Matahari .....	16
4.3	Menghitung Kapasitas Modul Fotovoltaik .....	17
4.4	Kebutuhan Baterai, Inverter dan <i>Solar Charge Controller</i> .....	19
4.4.1	Baterai.....	19
4.4.2	Inverter.....	19
4.4.3	<i>Solar Charge Controller</i> .....	19
4.5	Menghitung Besar Daya Keluaran PLTS .....	20
4.6	<i>Performance Ratio</i> (PR) .....	20
4.7	Prinsip Kerja Panel Surya pada Hidroponik.....	21
5.	PENUTUP .....	23
Kesimpulan.....		23
DAFTAR PUSTAKA.....		24
LAMPIRAN .....		26

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3-1. Desain hidroponik.....	14
Gambar 3-2. Bagan alir.....	15
Gambar 4-1. Potensi daya fotovoltaik di Indonesia.....	17
Gambar 4-2. Skema perencanaan perancangan PLTS .....	21

## DAFTAR TABEL

Tabel 4-1. Kapasitas beban pemakaian listrik.....	16
Tabel 4-2. Rata-rata radiasi matahari tahun 2020 .....	16
Tabel 4-3. Besar keluaran PLTS .....	20

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi peralatan listrik pada hidroponik.....	26
Lampiran 2. Perhitungan jumlah modul surya yang akan digunakan .....	27
Lampiran 3. Perhitungan baterai dan <i>solar charge controller</i> .....	28
Lampiran 4. Menghitung Besar Daya Keluaran PLTS .....	29
Lampiran 5. Perhitungan <i>Performance Ratio</i> (PR).....	30
Lampiran 6. Data radiasi matahari tahun 2020 (kWh/m <sup>2</sup> /hari).....	31

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada awal 1900-an, di Amerika Serikat telah mengenal budidaya sistem hidroponik dan dikembangkan secara komersial (Douglas, 1985). Di Indonesia sejak tahun 1980-an, budidaya hidroponik mulai berkembang dan didirikan oleh beberapa pengusaha di perkotaan. Pertanian hidroponik memiliki banyak keuntungan dibandingkan pertanian konvensional dimana pada pertanian hidroponik lebih efisien dalam penggunaan air dan unsur hara tanpa mengurangi tingkat produktivitas dan kualitas hasil pertanian.

Budidaya sistem hidroponik sangat cocok diterapkan di lahan perkotaan yang terbatas sinar matahari karena banyaknya gedung-gedung yang tinggi. Selain itu, sistem hidroponik juga dapat dilakukan di dalam ruangan (*indoor*). Namun, kelemahan dari sistem hidroponik *indoor* yaitu penyinaran tidak dapat dilakukan langsung dengan matahari, maka dari itu penyinaran dilakukan dengan sumber pencahayaan buatan karena pada sistem hidroponik hal yang terpenting yaitu penyinaran tanaman serta pengaturan air dan nutrisi.

Penggunaan pencahayaan buatan pada sistem hidroponik *indoor* tentunya membutuhkan energi listrik yang cukup agar tanaman mendapatkan pencahayaan untuk berfotosintesis. Namun penggunaan energi listrik berbahan dasar fosil sudah cukup tinggi dan telah menimbulkan dampak pemanasan global, maka dari itu untuk menghemat penggunaan listrik berbahan dasar fosil dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi terbarukan yang ramah lingkungan sebagai sumber energi alternatif. Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan yaitu energi matahari, dimana cahaya yang berasal dari matahari diubah menjadi energi listrik menggunakan *solar cell*.

Berdasarkan uraian sebelumnya maka dilakukan penelitian terkait pengembangan *urban farming* sistem hidroponik vertikal dengan pencahayaan LED yang menggunakan *solar cell*.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan rekayasa sistem hidroponik vertikal dengan pencahayaan LED yang menggunakan *solar cell*. Adapun kegunaan dari penelitian ini yaitu sebagai standar rekayasa desain sistem hidroponik vertikal yang menggunakan *solar cell*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hidroponik

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai media tanam melainkan menggunakan air yang berisi larutan nutrisi agar kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dapat terpenuhi. Teknik penanaman pada sistem hidroponik, misalnya dengan menggunakan pecahan genting, pasir kasar, kerikil, sabut kelapa serta gabus putih. Ahli fisiologi awal mencoba menanam tanaman menggunakan air sebagai media, dan menyebutnya akuakultur (menanam tanaman di air) (Furqaana, 2018).

Hidroponik menjadi salah satu prospek pertanian di masa depan. Hal tersebut dikarenakan sistem hidroponik dapat dilakukan di mana saja, di lahan terbuka maupun di lahan tertutup, di desa ataupun di kota serta di atas sebuah bangunan seperti apartemen. Harga jual panen tanaman hidroponik tidak perlu dikhawatirkan akan jatuh karena budidaya dengan sistem hidroponik tidak mengenal musim sehingga dapat dilakukan kapan saja (Maulido, dkk. 2016).

Beberapa keuntungan bercocok tanam dengan sistem hidroponik yaitu sebagai berikut (Furqaana, 2018):

- a. Perawatan tanaman yang lebih mudah.
- b. Gangguan penyakit dan hama tanaman lebih terkontrol.
- c. Penggunaan air dan nutrisi lebih efisien.
- d. Bisa dilakukan di tempat yang sempit dan terbatas.
- e. Tenaga kerja yang diperlukan lebih sedikit.
- f. Hasil produksinya lebih cepat dan lebih subur daripada menanam di tanah.
- g. Pembudidayaan beberapa jenis tanaman dapat dilakukan diluar musim.
- h. Risiko yang terkait dengan keadaan alam tidak akan terlalu besar.

Budidaya tanaman dengan sistem hidroponik dapat diterapkan di ruang tertutup ataupun di ruang terbuka. Pada sistem hidroponik dalam ruangan ataupun *indoor* dibagi jadi 2 tipe, yang pertama ruangan yang tembus sinar matahari serta yang kedua ialah ruangan tanpa sinar matahari. Rumah kaca salah satu contoh bangunan yang dapat disinari langsung oleh matahari. Sedangkan ruangan yang tidak tembus oleh cahaya matahari, pencahayaan dilakukan dengan menggunakan

pencahayaan buatan seperti menggunakan lampu *Light Emitting Diode* (LED) (Qurrohman, 2019).

## 2.2 Pengganti Cahaya Matahari untuk Tanaman

Pada hidroponik *indoor*, tanaman membutuhkan pencahayaan untuk proses fotosintesis. Maka dari itu untuk menggantikan cahaya matahari, dilakukan dengan menggunakan pencahayaan buatan. Klorofil pada daun tumbuhan bisa menyerap cahaya yang nampak pada panjang gelombang 700 hingga 400 nm. Cahaya merah pada lampu bermanfaat untuk proses generatif dan cahaya biru bermanfaat agar proses regenerasi secara vegetatif dapat dipertahankan (Wahid & Mukhlison, 2019).

Fotosintesis sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, sedangkan pada hidroponik *indoor* tidak dapat disinari langsung oleh cahaya matahari, maka dari itu diperlukan pencahayaan buatan seperti lampu. Pencahayaan lampu yang dibutuhkan yaitu cahaya lampu yang memiliki karakteristik panjang gelombang yang sama dengan cahaya matahari. Selain itu, terdapat beberapa hal yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman yaitu intensitas cahaya, lama penyinaran dan spektrum cahaya seperti yang jelaskan berikut (Qurrohman, 2019):

### a. Intensitas cahaya

Intensitas cahaya pada umumnya diukur dengan satuan  $W/m^2$  ataupun bisa diukur dengan satuan lumen (lux). Pengukuran lumen dapat menggunakan alat portable satuan yang biasa disebut dengan lux meter.

### b. Lama penyinaran

Daerah tropis khususnya di Indonesia lama penyinaran tanaman antara 10 sampai 12 jam sehingga beberapa tanaman yang membutuhkan pencahayaan selama 12 jam lebih membutuhkan pencahayaan tambahan yang bersumber dari lampu.

### c. Spektrum cahaya

Lampu untuk proses fotosintesis tanaman dibutuhkan spektrum cahaya yang bukan hanya sekedar memancarkan cahaya namun yang dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan untuk pertumbuhan tanaman. Terdapat berbagai macam lampu yang beredar di pasaran yaitu seperti lampu fluorescent (TL), lampu halogen, lampu pijar atau filamen tungsten dan *light emitting diode* (LED).

Pada tahun 2002, perusahaan Solar Oasis merupakan perusahaan yang pertama kali menemukan lampu LED yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Pada awalnya, lampu LED diproduksi hanya mengeluarkan sinar (cahaya) putih, namun lampu LED yang saat ini sudah beragam dan masing-masing mempunyai panjang gelombang tertentu. Untuk pertumbuhan tanaman dibutuhkan lampu yang mempunyai panjang gelombang cahaya dari 380 nm atau cahaya ultraviolet hingga 880 nm atau cahaya infrared. Sedangkan cahaya yang dibutuhkan oleh tanaman yaitu visible light atau cahaya yang terlihat mata dengan spektrum antara 400-700 nm. Cahaya yang dapat digunakan untuk proses fotosintesis tanaman yaitu lampu LED dengan panjang gelombang yang berkisar antara 570-590 nm (Azis, 2018).

Lampu pengganti sinar matahari atau biasa disebut lampu LED digunakan untuk proses fotosintesis tanaman. Lampu LED yang dibutuh oleh tanaman memancarkan dua macam warna cahaya yaitu warna biru dan merah. Cahaya yang dipancarkan mempunyai fungsi yang berbeda dan memiliki panjang gelombang yang beragam. Lampu LED memiliki beberapa spektrum cahaya yang sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga LED banyak digunakan karena memberikan penyinaran yang paling baik untuk pertumbuhan tanaman (Wahid dan Mukhlison, 2019).

### **2.3 Cahaya Matahari sebagai Sumber Energi Alternatif**

Dalam kehidupan sehari-hari, energi listrik merupakan energi yang paling banyak digunakan. Untuk pemakaian energi listrik satuannya yaitu kilowatt-hour atau kWh. Perhitungan energi listrik dapat menggunakan persamaan berikut ini (Wahid dan Mukhlison, 2019):

$$E = P \times t \quad (1)$$

keterangan:

E = Energi yang dihasilkan (Wh),

P = Daya (W), dan

t = Waktu (h).

Sumber energi utama yaitu matahari memiliki berbagai macam manfaat bagi kehidupan seluruh makhluk di bumi. Penggunaannya juga sudah sangat luas,

salah satunya yaitu pemanfaatan cahaya matahari menjadi sumber energi alternatif yang menghasilkan listrik. Mengubah energi matahari menjadi energi listrik menjadi salah satu metode yang murah serta efektif agar dapat membantu mengatasi kekurangan bahan bakar fosil saat ini dan pemanasan global. Penggunaan energi listrik yang berbahan dasar fosil sudah cukup banyak digunakan. Maka dari itu untuk menghemat energi dapat dilakukan dengan menggunakan energi listrik yang berasal dari hasil konversi cahaya matahari dengan bantuan teknologi fotovoltaik atau solar cell (Kurniawan, 2018).

#### **2.4 Solar Cell**

Sel fotovoltaik berasal dari bahasa Inggris '*photovoltaic*' yang terdiri dari dua kata yaitu photo artinya cahaya serta volt merupakan satuan ukuran tegangan listrik. Sehingga sel fotovoltaik adalah suatu perangkat yang bersifat semikonduktor yang mengubah cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik dengan bantuan kristal silikon (Si) yang tipis. Kristal silicon berfungsi konduktor jika terdapat energi panas dan sebagai isolator pada temperatur rendah. Pada sebuah panel, sel-sel silikon tersebut dipasang dengan posisi seri ataupun sejajar yang terbuat dari aluminium dan dilapisi oleh plastik ataupun kaca. Sambungan sel akan mengalir arus listrik jika sel tersebut terpapar sinar matahari. Banyaknya arus listrik yang dihasilkan solar cell tergantung pada luas permukaan sel dan jumlah cahaya matahari yang mencapai silikon (Kurniawan, 2018).

Modul surya merupakan komponen utama pada panel surya. Modul surya terdiri dari beberapa unit komponen sel yang disusun secara paralel maupun seri. Kelebihan dari penggunaan panel surya yaitu mudah dalam pemasangan dan perawatan sedangkan kelemahannya yaitu membutuhkan modal awal yang besar karena menggunakan beberapa komponen pendukung seperti baterai, inverter dan *controller* (Kurniawan, 2018).

Menurut Ramadhani (2018), terdapat beberapa tahap yang dapat dilakukan dalam menentukan kapasitas dan jumlah modul surya yaitu:

1. Hitung kebutuhan energi harian. Data yang dibutuhkan yaitu penggunaan perangkat listrik dan waktu pemakaian dalam sehari.

2. Periksa radiasi harian matahari yang tersedia di lokasi. Data yang dibutuhkan bisa didapatkan melalui data statistik NASA (*Data Access Viewer*) dan kemudian menentukan rata-rata radiasi harian terendah dalam setahun.
3. Menghitung total efisiensi sistem untuk mempertimbangkan rugi-rugi (*losses*) pada modul fotovoltaik. Menurut Hariyati, dkk. 2019 dalam bukunya Mark Hankins 1991:68 daya input yang diterima modul surya dari radiasi matahari tidak 100% masuk ke inverter karena dipengaruhi oleh rugi-rugi/*losses* komponen dan sistem yang terdiri dari:

- *Losses Manufacture (Power Tolerance)* sebesar 3%
- *Losses dirt/kotoran* (debu ataupun kotoran burung) sebesar 5%
- *Losses temperature module* sebesar 5,7%
- *Losses kabel* sebesar 5%

4. Menghitung kebutuhan total energi dari modul fotovoltaik

$$\text{Total energi modul} = \frac{\text{Total energi beban listrik}}{100\% - \text{losses}} \quad (2)$$

5. Menghitung kapasitas modul fotovoltaik

$$\text{Kapasitas modul} = \frac{\text{total energi modul}}{\text{minimum rata-rata radiasi}} \times \text{PSI} \quad (3)$$

keterangan:

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

6. Menentukan jumlah panel yang dibutuhkan

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{\text{kapasitas modul}}{\text{kapasitas panel yang di inginkan}} \quad (4)$$

Besar kecilnya intensitas cahaya yang diterima modul surya berpengaruh terhadap daya listrik yang akan dihasilkan oleh modul surya. Diperlukan baterai dengan kapasitas yang besar untuk mengantisipasi jika modul surya menghasilkan daya yang kecil, dimana sistem pengisian oleh aki diatur oleh *charge control* untuk menghindari baterai dari kerusakan akibat *overcharged*. Untuk melindungi panel surya dari hujan dan debu, sel surya tersusun dari beberapa lapisan seperti *cover glass* serta untuk mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor dibutuhkan lapisan anti reflektif. Material semikonduktor dengan bahan silikon digunakan untuk menyerap cahaya matahari. Panel surya memiliki dua buah dioda yang masing-masing berfungsi sebagai dioda pembalik, artinya pada saat panel

surya menghasilkan listrik pada siang hari maka dioda tersebut mengalirkan arus dan menjadi penghalang masuknya arus listrik pada malam hari jika panel surya tidak menghasilkan listrik (Gozali, 2016).

#### 2.4.1 Baterai

Baterai adalah suatu alat yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik dan dapat digunakan sebagai penyimpan energi listrik. Arus listrik yang dihasilkan dari panel surya disimpan di baterai dan kemudian digunakan untuk menggerakkan beban. Beban tersebut dapat berupa peralatan elektronik ataupun alat penerangan serta peralatan lain yang memerlukan daya. Penyimpanan energi baterai pada sistem fotovoltaik berfungsi sebagai berikut (Budiyanto, dkk. 2020):

1. Sebagai penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik dan memasok daya ke beban listrik saat dibutuhkan (pada malam hari dan pada saat tidak ada sinar matahari).
2. Sebagai stabilisasi tegangan. Menggunakan tegangan yang stabil untuk menyuplai daya ke beban listrik, menekan fluktuasi tegangan pada sistem fotovoltaik, dan melindungi peralatan dari kerusakan.
3. Arus daya gelombang. Kemampuan sistem fotovoltaik dengan penyimpanan baterai bergantung pada parameter operasi sistem dan desain dari baterai. Sistem fotovoltaik tidak akan bekerja sebelum waktunya apabila baterai tidak dirancang untuk kondisi operasi.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat menentukan kapasitas baterai yaitu (Ramadhan, 2021):

1. Kapasitas baterai yang ditentukan berdasarkan energi listrik yang dibutuhkan untuk sumber energi
2. *Deep of Discharge* (DoD) yaitu kedalaman kapasitas yang dapat digunakan pada baterai, yakni 60%
3. *Autonom Days* yaitu parameter keadaan dimana lamanya (hari) jika cuaca buruk selama beberapa hari atau keadaan dimana energi matahari tidak maksimal, sehingga modul surya tidak memperoleh suplai energi yang cukup di Indonesia, penetapan hari otonom adalah selama 2 hari
4. Efisiensi baterai yaitu sebesar 85%

Satuan energi (dalam Wh) dikonversikan menjadi Ah yang sesuai dengan satuan

kapasitas baterai sebagai berikut:

$$C = \frac{Ed \times AD}{Vs \times DoD \times \eta \text{ baterai}} \quad (5)$$

keterangan:

C = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

Ed = Konsumsi energi harian (Wh)

AD = *Autonom Days* (Hari Otonomi)

Vs = Tegangan Sistem (V)

DoD = Kedalaman kapasitas yang dapat diambil dari baterai (%)

$\eta$  baterai = Efisiensi baterai

Setelah mendapatkan kapasitas baterai yang dibutuhkan, untuk menentukan jumlah baterai yang dibutuhkan digunakan persamaan seperti di bawah ini:

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Daya baterai}} \quad (6)$$

#### 2.4.2 Inverter

Inverter merupakan perangkat listrik yang digunakan untuk mengubah arus DC (searah) menjadi arus AC (bolak balik). Inverter mengubah arus searah dari perangkat seperti baterai dan sel surya menjadi arus bolak balik. Pemakaian inverter pada pembangkit listrik tenaga surya ditujukan untuk perangkat yang menggunakan arus bolak balik. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan ketika memilih inverter yaitu (Anggraini, 2016):

1. Untuk memaksimalkan efisiensi kerja, pilih inverter dengan beban kerja yang mendekati dengan beban yang di rencanakan.
2. Input DC 12 Volt atau 24 Volt.
3. Sinewave ataupun square wave *output* AC.

Inverter yang ideal adalah inverter yang memaksimalkan keluaran dari panel surya ke sisi beban. Pada sistem *on-grid*, inverter terhubung langsung ke generator PV. Inverter sistem *off-grid* biasanya terhubung langsung ke baterai. Inverter dapat digunakan untuk mengisi baterai, seperti saat inverter terhubung ke generator AC dan sisi AC dari inverter. Dalam hal ini, inverter bertindak sebagai konverter AC-DC. Inverter menjadi pengatur tegangan dan frekuensi (Ramadhan, 2021).

### 2.4.3 Solar Charge Controller (SCC)

SCC atau pengontrol muatan surya merupakan perangkat elektronik pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang mengatur lalu lintas listrik dari modul surya ke baterai (saat baterai penuh, arus dari modul surya tidak akan masuk ke baterai begitupun sebaliknya) dan dari baterai ke beban (listrik ke beban secara otomatis terputus jika listrik dalam baterai tinggal 20-30%). Pengatur muatan pada dasarnya ialah yang mengatur tegangan dan arus untuk mencegah pengisian baterai yang berlebihan dari panel surya ke baterai. Kebanyakan panel "12 volt" menghasilkan sekitar 16-20 volt. Oleh karena itu, tanpa pengaturan, baterai akan rusak karena pengisian yang berlebihan. Pengontrol pengisian berfungsi menjaga baterai pada tingkat pengisian daya setinggi mungkin. Pengontrol pengisian daya mencegah baterai dari pengisian yang berlebihan dan memutuskan beban untuk mencegah pelepasan yang dalam. Idealnya, pengontrol pengisian langsung mengontrol status baterai. Tanpa kontrol pengisian, arus dari modul fotovoltaik akan mengalir sebanding dengan radiasi ke baterai (Budyanto, dkk. 2020).

Penentuan kapasitas *solar charge controller* yang digunakan perlu memperhatikan arus *short circuit* dan tegangan panel surya. Perhitungan kapasitas SCC sebagai berikut (Ramadhan, 2021):

$$\text{Kapasitas arus SCC} = 1,3 \times I_{sc} \times N \text{ panel} \quad (7)$$

keterangan:

$I_{sc}$  = *Short Circuit Current* (A)

$N \text{ panel}$  = Jumlah panel yang akan digunakan

### 2.5 Performance Ratio (PR)

*Performance Ratio* (PR) adalah nilai kualitas sistem berdasarkan energi tahunan yang dihasilkan. Sistem dikatakan baik apabila nilai *performance rationya* diatas 70% (Ramadhan, 2021). Berikut ini untuk menghitung rasio kinerja sistem PLTS:

$$PR = \frac{E_{yield}}{E_{ideal}} \quad (8)$$

$$E_{ideal} = P_{array} \times H_{tilt} \quad (9)$$

$$H_{tilt} = PSH \times 365 \text{ hari} \quad (10)$$

keterangan:

$PR$  = Performance Ratio (%)

$E_{\text{yield}}$  = Energi rata-rata dalam satu tahun (kWh/tahun)

$E_{\text{ideal}}$  = Energi yang diperoleh modul surya saat PSH (kWh/tahun)

$H_{\text{tilt}}$  = Rata-rata PSH (*Peak Sun Hour*) harian per tahun (h)

Nilai *performance ratio* tidak pernah mencapai 100% pada saat realisasinya karena dipengaruhi oleh temperatur dan hal lainnya, sistem dikatakan layak jika nilai *performance rationya* berkisar 70% - 90% (Hariyati, dkk. 2019).