

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

www.itk.ac.id

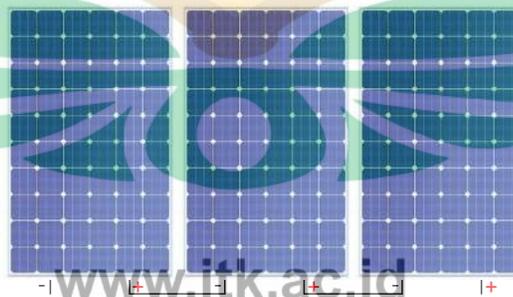
Bab ini berisi mengenai tinjauan pustaka dari penelitian yang dilakukan. Adapun yang menjadi landasan teori sebagai berikut.

### 2.1 Panel Surya

Panel surya merupakan sumber energi baru terbarukan yang dapat menghasilkan energi listrik tanpa menghasilkan polusi ataupun merusak lingkungan. Hal ini dikarenakan panel surya langsung mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Cara kerja panel surya mirip dengan piranti semikonduktor dioda p-n junction yang memiliki 2 buah bahan semikonduktor, tipe-p dan tipe-n (katoda, anoda). Dengan menggunakan *photo-electric effect* dari bahan semikonduktor yang pada umumnya terbuat dari silikon (Si) dan Germanium (Ge), panel surya dapat langsung mengkonversi sinar matahari menjadi listrik searah (DC). Ketika panel surya terkena sinar matahari, maka timbul elektron dan *hole*. Elektron-elektron dan *hole-hole* yang timbul di sekitar pn *junction* bergerak berturut-turut ke arah lapisan n dan ke arah lapisan p. Sehingga pada saat elektron-elektron dan *hole-hole* itu melintasi pn *junction*, timbul beda potensial pada kedua ujung panel surya. Jika pada kedua ujung panel surya diberi beban maka timbul arus listrik yang mengalir melalui beban (Xiao, 2017).

Untuk mengetahui nilai tegangan total, arus total dan daya total pada panel surya dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

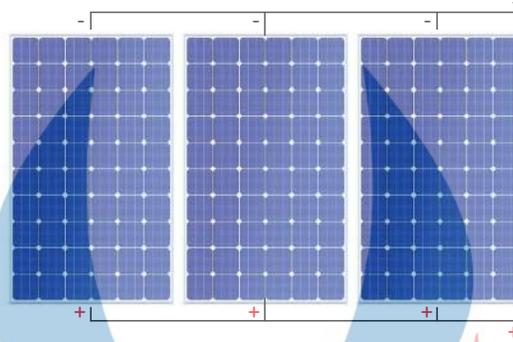
$$V_{total} = V_{panel1} + V_{panel2} + \dots + V_{panel(n)} \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 Rangkaian Seri Panel Surya (Penulis, 2021)

Keterangan :  $V_{total}$  merupakan tegangan total yang dihasilkan panel surya (V)

$$I_{total} = I_{panel1} + I_{panel2} + \dots + I_{panel(n)} \quad (2.2)$$



**Gambar 2.2** Rangkaian Paralel Panel Surya (Penulis, 2021)

Daya merupakan energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha yang memiliki satuan Watt. Daya merupakan hasil perkalian dari nilai tegangan (*volt*) dan arus (*ampere*). Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V dan arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan pada persamaan sebagai berikut:

$$P_{total} = V_{total} \times I_{total} \quad (2.3)$$

Keterangan :  $V_{total}$  = tegangan total yang dihasilkan panel surya (V),

$I_{total}$  = arus total yang dihasilkan panel surya (I),

$P_{total}$  = daya total yang dihasilkan panel surya yang didapat antara perkalian  $V_{total}$  dengan  $I_{total}$  (Watt),

$V_{panel1}$  = tegangan yang dihasilkan panel 1 (V),

$V_{panel2}$  = tegangan yang dihasilkan panel 2 (V),

$V_{panel(n)}$  = tegangan yang dihasilkan panel n (V) ,

$I_{panel1}$  = arus pada panel 1 (I),

$I_{panel2}$  = arus pada panel 2 (I),

$I_{panel(n)}$  adalah arus yang dihasilkan panel n (I).

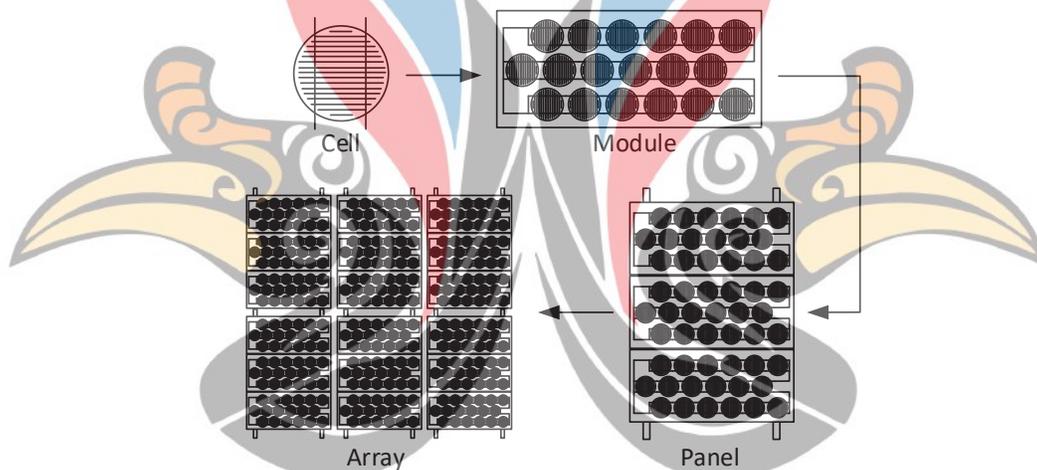
Persamaan ini juga berlaku pada skema rangkaian baterai dalam melakukan perancangan sistem PLTS. Namun, apabila digunakan rangkaian

*parallel* nilai yang bertambah adalah nilai *Ampere Hours* (Ah). Pada perkalian daya didapatkan nilai dengan satuan *Watt Hour* (Wh).

www.itk.ac.id

### 2.1.1 Rangkaian Panel Surya

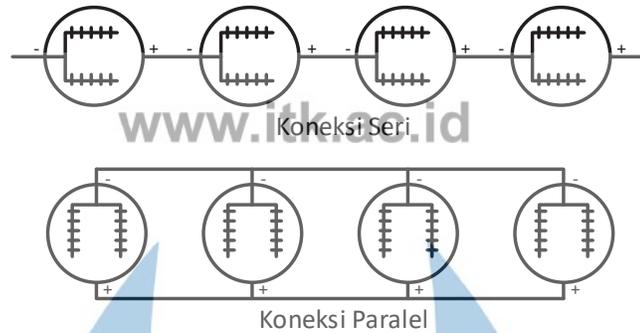
Agar dapat memperoleh sejumlah *voltage* atau ampere yang dikehendaki, maka umumnya masing-masing sel surya dikaitkan satu sama lainnya baik secara hubungan seri ataupun secara paralel untuk membentuk suatu rangkaian panel surya yang lazim disebut “Modul”. Sebuah modul panel surya umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 33 sel, dan 72 sel. Beberapa modul panel surya dihubungkan untuk membentuk satu rangkaian tertentu yang disebut panel surya panel, sedangkan jika berderet-deret modul panel surya dihubungkan secara baris dan kolom disebut panel surya *Array*.



**Gambar 2.3** Struktur Rangkaian Panel Surya (Penulis, 2021)

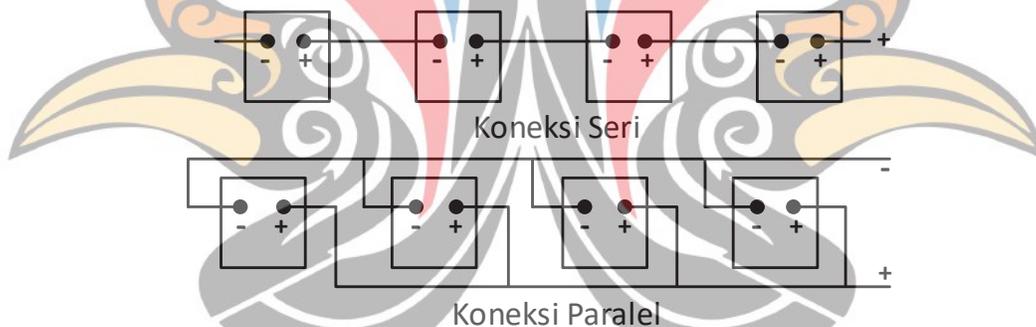
Terdapat dua jenis rangkaian yang digunakan pada modul sel surya yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel. Penentuan jenis rangkaian sel surya disesuaikan dengan nilai tegangan dan arus keluaran yang diinginkan.

www.itk.ac.id



**Gambar 2.4** Koneksi Rangkaian Seri dan Paralel *Cell* Panel Surya (Penulis, 2021)

Hubungan sel-sel surya dalam modul dapat dilakukan secara seri untuk mendapatkan varian *voltage* umumnya 12V, dan secara paralel untuk mendapatkan varian arus listrik (*current*). Hubungan modul-modul panel surya pada *array* juga dapat dihubungkan secara seri untuk mendapatkan *voltage* yang tinggi, dan dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan *amps* yang besar.



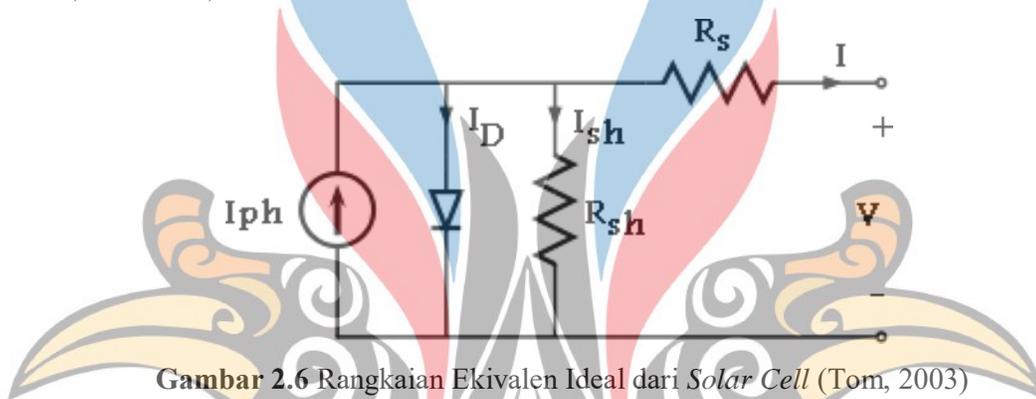
**Gambar 2.5** Koneksi Rangkaian Seri dan Paralel Modul Panel Surya (Penulis, 2021)

Pada rangkaian seri 4 modul panel surya dengan nilai tegangan sebesar 12 volt, arus 2 amp dihubungkan secara seri akan mendapatkan tegangan 48 volt, dengan nilai arus yang tetap sebesar 2 amp. Sedangkan pada rangkaian Paralel 4 modul panel surya dengan nilai 12 volt, arus 2 amp dihubungkan secara seri akan mendapatkan nilai tegangan yang tetap sebesar 12 volt dengan nilai arus yang bertambah sebesar 8 amp. Perhitungan diatas menunjukkan bahwa pada saat dilakukan perhitungan menggunakan rangkaian seri maka nilai tegangan mengalami peningkatan. Sedangkan pada perhitungan rangkaian paralel menunjukkan bahwa nilai arus mengalami kenaikan. Hal ini dapat disimpulkan

www.itk.ac.id

bahwa rangkaian seri menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan rangkaian paralel karena pada rangkaian seri ketika dipengaruhi oleh temperatur, *drop* tegangan tidak mengalami penurunan yang signifikan sehingga *power loss* yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan rangkaian paralel yang dipengaruhi oleh nilai iradiasi matahari yang menyepapkan nilai arus mengalami penurunan yang signifikan dan menghasilkan *power loss* yang cukup tinggi.

Sel surya memiliki rangkaian ekivalen ideal untuk mendapatkan kurva karakteristik I-V. Rangkaian ekivalen terdiri dari sumber arus yang dihubungkan secara *parallel* dengan dioda. Rangkaian ekivalen ditunjukkan pada **Gambar 2.6** (Tom, 2003).



**Gambar 2.6** Rangkaian Ekivalen Ideal dari *Solar Cell* (Tom, 2003)

Pada **Gambar 2.11**, maka dapat diperoleh persamaan nilai arus dan tegangan yang ditunjukkan pada persamaan (2.4) dan (2.5) (Tom, 2003):

$$I = I_{ph} - I_d \left[ e^{\frac{qV}{k_B T}} - 1 \right] \quad (2.4)$$

$$V = \frac{k_B T}{q} \ln \left[ 1 + \frac{I_{ph}}{I_d} \right] \quad (2.5)$$

Berdasarkan persamaan (2.4), maka diperoleh persamaan untuk mendapatkan arus panel surya dan arus saturasi dioda. Persamaan tersebut terdapat pada persamaan (2.6), (2.7). Pada persamaan (2.6) diperlukan sebuah nilai *reverse* dioda untuk melengkapi persamaan tersebut. Nilai tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.8). Persamaan (2.6), (2.7) dan (2.8) ini juga memiliki notasi rumus yang dapat dijelaskan sebagai berikut ini (Tamer,2016):

$$I_{ph} = I_{sc(ref)} \left[ \frac{G}{G_{(ref)}} \right] + K_o [T - T_{(ref)}] \quad (2.6)$$

$$I_d = I_{rs} \left[ \frac{T}{T_{(ref)}} \right]^{\frac{3}{n}} e^{-\frac{qV}{nk \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{(ref)}} \right)}} \quad (2.7)$$

$$I_{rs} = \frac{I_{sc(ref)}}{\left[ \frac{qV_{oc(ref)}}{e^{nkT_{(ref)} - 1}} \right]} \quad (2.8)$$

- $I_{sc(ref)}$  = Arus *short circuit* pada kondisi *standart condition test* (A)  
 $G$  = Iradiasi yang terpapar pada *solar cell* (W/m<sup>2</sup>)  
 $G_{(ref)}$  = Iradiasi pada saat kondisi *standart condition test* (W/m<sup>2</sup>)  
 $T$  = Temperatur yang terpapar *solar cell* (oK)  
 $T_{(ref)}$  = Temperatur pada saat kondisi *standart condition test* (°K)  
 $n$  = Jumlah *cell* yang terhubung  
 $I_{rs}$  = Arus *reverse diode* (A)  
 $V_{oc(ref)}$  = Tegangan *open circuit* dalam kondisi *standart condition test* (V)  
 $I_{ph}$  = Arus yang dihasilkan berdasarkan nilai iradiasi yang diterima (A)  
 $I_d$  = Arus saturasi yang mengalir pada *diode* (A)  
 $I$  = Arus yang dihasilkan oleh *solar cell* (A)  
 $V$  = Tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* (V)  
 $q$  = Muatan elektron ()  
 $kB$  = Tetapan Boltzman ()  
 $T$  = Temperatur dalam kondisi *standart condition test* (oK)

### 2.1.2 Kapasitas Panel Surya

Kapasitas panel surya diperlukan untuk mengetahui jumlah panel surya yang dibutuhkan dengan cara melakukan perhitungan yang harus memperhatikan beberapa faktor, yaitu energi sistem, insolasi matahari, dan faktor penyesuaian (*adjustment factor*). Faktor penyesuaian instalasi PLTS pada umumnya adalah 1,1 (Hankins, 1991). Kebutuhan daya panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan 2.9.

www.itk.ac.id

$$\text{Kebutuhan Daya Panel} = P_{load} \times \text{Safety Factor} \quad (2.9)$$

Dimana Pload yang dimaksud adalah berapa pemakaian rata-rata beban tiap jam nya di Gedung Bank BNI. Sedangkan *safety factor* adalah nilai yang diperhitungkan apabila matahari tidak bersinar cerah maupun dalam kondisi mendung. *Safety factor* yang digunakan pada penelitian ini bernilai 2 untuk *backup* daya.

Kebutuhan daya panel surya dapat dihitung berdasarkan banyaknya jumlah panel surya. Sehingga untuk menghitung jumlah panel surya dapat digunakan pada persamaan 2.10

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{\text{Kebutuhan Daya Panel}}{\text{Nilai Wattpeak}} \quad (2.10)$$

Untuk mengetahui daya panel surya dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Total Daya PV} = \text{Nilai Wattpeak} \times n \text{ panel} \quad (2.11)$$

Dimana untuk mengetahui total daya panel surya dilakukan perkalian nilai wattpeak yang terdapat pada spesifikasi panel surya yang terdapat di *datasheet* dan  $n$  panel sebagai jumlah panel surya yang digunakan. Hal ini hanya berlaku dengan kapasitas panel surya yang sama.

## 2.2 Material Penyusun Panel Surya

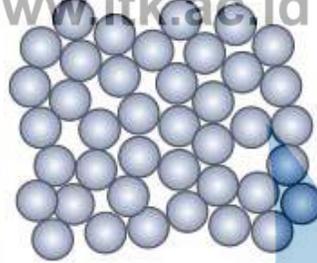
Material semikonduktor yang digunakan pada sel surya dikelompokkan menjadi tiga jenis diantaranya adalah *Amorphous Silicon*, *Monocrystalline Silicon* dan *Polycrystalline Silicon*. Ketiga material semikonduktor tersebut akan dijelaskan sebagai berikut (Zooba and Bansal, 2011), (Foster, 2010):

### A. *Amorphous Silicon Modules*

Modul *Amorphous Silicon* terbuat dari *uncrystalized silicon*, memiliki warna yang gelap atau sering disebut dengan *thin film silicon*, performa yang baik dalam kondisi intensitas matahari yang rendah dan memiliki

efisiensi yang rendah yaitu 5-8%. Pola struktur dari modul tersebut diperlihatkan pada **Gambar 2.7**.

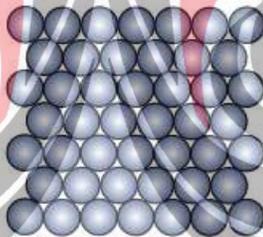
www.itk.ac.id



**Gambar 2.7** Amorphous Silicon Modules (Sterling, 2008)

B. *Monocrystalline Silicon Modules*

Modul ini terbuat dari *crystal silicon*. *Crystal silicon* merupakan jenis *silicon* yang terbaik, biasanya warna permukaan dari modul ini biru kehitaman. Modul ini memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi yaitu 24% tetapi harga dipasaran lebih mahal dibandingkan dengan jenis yang lain. Bentuk pola yang dimiliki oleh module ini dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.

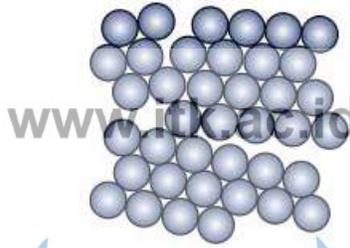


**Gambar 2.8** Monocrystalline Silicon Modules (Sterling, 2008)

C. *Polycrystalline Silicon Modules*

Modul ini terbuat dari bahan yang sama dengan modul *monocrystalline*, yaitu *crystal silicon*, biasanya warna permukaan module ini biru. Tingkat efisiensi dari module ini sebesar 13-15% dan harganya lebih murah dari *monocrystalline*. Struktur pola secara aktual yang dimiliki oleh modul ini ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.

www.itk.ac.id



**Gambar 2.9** *Polycrystalline Silicon Modules* (Sterling, 2008)

**Tabel 2.1** Material Solar Cell dan Efisiensinya (Penulis, 2021)

Tipe Cell	Efisiensi Modul
<i>Monocrystalline Silicon</i>	13-19%
<i>Polycrystalline Silicon</i>	11-15%
<i>Micromorphus tandem cell</i>	8-10%
<i>Copper-indium/gallium sulfur/diselenide (CI/GS/Se)</i>	10-12%
<i>Codmium telluride (CdTe)</i>	9-11%
<i>Amorphous Silicon</i>	5-8%

Sel surya menghasilkan daya maksimum pada tegangan tertentu. Tegangan pada titik maksimum biasanya kurang dari tegangan rangkaian terbuka dan arusnya lebih rendah di bandingkan dengan arus rangkaian pendek. Efisiensi sel surya adalah perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya atau daya *output* yang dikeluarkan sel surya dengan daya pancaran atau daya input yang berasal dari cahaya matahari pada sel surya.

$$\eta = \frac{I_{mmp} \times v_{mmp}}{(\text{intensitas cahaya})(\text{luas panel})} \times 100\% \quad (2.12)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{G \cdot A} \times 100\% \quad (2.13)$$

$\eta$  menunjukkan nilai efisiensi dalam persen (%),  $P_{out}$  adalah daya *output* yang dihasilkan sel surya.  $G$  menunjukkan intensitas iradiasi matahari dan  $A$  menunjukkan luas permukaan modul sel surya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi modul sel surya yaitu jumlah cahaya matahari yang

mengenai sel surya, temperatur, jumlah sel surya dalam modul sel surya, luas area setiap sel surya, jenis *silicon*, hambatan pada kabel, rangkaian sel surya.

www.itk.ac.id

### 2.3 Baterai

*Battery lead acid* merupakan salah satu jenis battery yang sering digunakan untuk menyimpan energi listrik dan memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan baterai jenis lain. *Battery lead acid* dapat dikelompokkan menjadi *Liquid Vented* dan *Sealed Proses* penguapan atau evaporasi pada baterai diatur oleh bagian yang disebut *valve regulated*. Baterai jenis ini tidak memerlukan *maintenance* dan cocok untuk digunakan pada sistem *photovoltaic*, karena dapat *discharge* sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang lama sehingga disebut pula *battery deep cycle*. Umumnya *battery deep cycle* dapat *discharge* sampai dengan 50% kapasitas baterai (Prabowo, 2015).

Kapasitas baterai diukur dari jumlah arus yang dapat disimpan ataupun dikeluarkan oleh baterai. Satuan yang digunakan untuk menunjukkan kapasitas baterai adalah *ampere-hours* (Ah). Kapasitas dari sebuah baterai bukan kuantitas yang konstan, namun tergantung pada jumlah arus yang masuk atau keluar. Oleh karena itu, pabrikan selalu memberikan kapasitas nominal beserta referensi arus *charge* atau *discharge* tertentu (Prabowo, 2015).

Baterai yang dihubungkan untuk mencapai suatu tegangan dalam jumlah banyak dinamakan bank. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai daya pada tiap bank dapat digunakan pada persamaan 2.14.

$$\text{Daya Per Bank} = V_{\text{baterai}} \times I_{\text{baterai}} \times DOD \quad (2.14)$$

Dimana  $V$  baterai merupakan tegangan baterai nominal baterai dengan satuan Volt,  $I$  baterai merupakan nilai arus (Ah) yang terdapat pada baterai dan DOD atau *Depth of Discharge* merupakan nilai persentase baterai yang telah dikosongkan relative terhadap keseluruhan kapasitas baterai.

Sedangkan untuk menghitung banyaknya bank yang digunakan pada perancangan sistem PLTS digunakan rumus sebagai berikut.

$$N \text{ bank} = \frac{\Sigma Pload}{Pbank} \quad (2.15)$$

Dimana  $N \text{ bank}$  merupakan jumlah bank,  $\Sigma Pload$  merupakan total daya pemakaian beban dalam satu hari (kW) dan  $Pbank$  adalah daya per bank (kWh). Dalam menghitung daya total bank yang digunakan pada perancangan sistem PLTS ini digunakan rumus pada persamaan 2.16.

$$\Sigma Pbank = n \text{ bank} \times P \text{ bank} \quad (2.16)$$

Dimana  $\Sigma Pbank$  merupakan daya total bank yang digunakan pada perancangan PLTS,  $n \text{ bank}$  adalah jumlah bank dan  $p \text{ bank}$  adalah daya per bank (kW).

## 2.4 Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi sebagai pengubah arus dearah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan metode *switching* dengan frekuensi tertentu. *Swirching* itu sendiri adalah proses perpindahan antara kondisi ON dan OFF ataupun sebaliknya.

Jenis-jenis inverter Jenis jenis inverter DC ke AC berdasarkan jumlah fasa output inverter dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Inverter 1 fasa Inverter dengan output 1 fasa
- b. Inverter 3 fasa Inverter dengan output 3 fasa.

Jenis jenis inverter berdasarkan pengaturan tegangannya :

- a. *Voltage Fed Inverter* (VFI) Inverter dengan tegangan input yang diatur konstan.
- b. *Current fed Inverter* (CFI) Inverter dengan arus input yang diatur konstan.
- c. *Variable DC linked inverter* Inverter dengan tegangan input yang dapat diatur.

Jenis jenis inverter berdasarkan bentuk gelombang outputnya :

- a. *Square sine wave inverter*
- b. *Modified sine wave inverter*
- c. *Pure sine wave inverter*
- d. *Grid Tie Inverter*

Inverter *hybrid* merupakan inverter yang dapat mengkonversi tegangan DC menjadi AC yang berasal dari modul surya. Perbedaan inverter *hybrid* dengan inverter lainnya adalah inverter *hybrid* ini dapat berdiri sendiri karena keluarannya yang harus terhubung ke jalur PLN.

## 2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

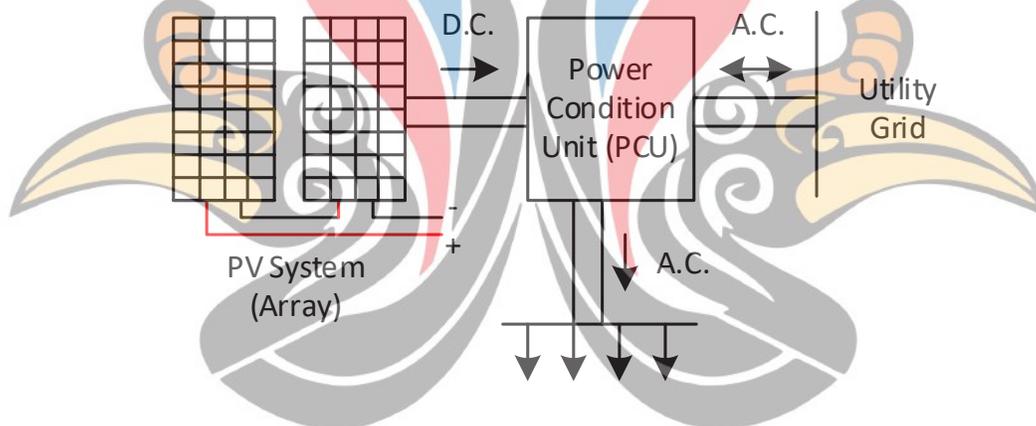
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan. PLTS memanfaatkan sumber energi matahari dalam bentuk cahaya matahari untuk diubah langsung menjadi energi listrik dengan memanfaatkan teknologi panel surya (Putra dan Rangkuti, 2016). Matahari membawa energi yang dibagi menjadi dua bentuk, yaitu energi panas dan cahaya. Dari dua bentuk energi tersebut dibagi menjadi dua sistem tenaga surya, yaitu sistem tenaga panas matahari (*solar thermal*) dan sistem tenaga surya (PLTS). Sistem tenaga panas matahari menangkap panas untuk digunakan sebagai pemanas air, sedangkan sistem tenaga surya mengubah cahaya matahari langsung menjadi listrik. Ketika modul panel surya terkena cahaya matahari, modul akan menghasilkan listrik searah atau *direct current* (DC). Listrik DC akan dikonversi menjadi listrik bolak-balik atau *alternating current* (AC) oleh inverter, yang selanjutnya didistribusikan ke bangunan (Putra dan Rangkuti, 2016).

PLTS secara efektif mampu mengurangi ketergantungan daya listrik, menaikkan produksi energi baru terbarukan, dan meningkatkan kualitas lingkungan. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung pada beberapa faktor, yaitu besarnya iradiasi matahari yang diterima oleh panel surya, suhu disekitar panel surya, dan ada tidaknya *shading* atau bayangan yang mengenai panel surya. Faktor iradiasi matahari merupakan faktor utama bagi PLTS untuk menghasilkan energi listrik. Iradiasi matahari ditentukan oleh letak geografis PLTS dibangun, semakin besar nilai iradiasi yang diterima maka semakin besar pula daya yang bisa dihasilkan oleh PLTS. Berbeda dengan iradiasi matahari, besar suhu sekitar panel surya yang tinggi akan membuat listrik yang dihasilkan semakin kecil. Umumnya, suhu yang digunakan untuk pengujian modul adalah 25°C, namun dalam kondisi cerah dan panas khususnya di daerah khatulistiwa, suhu sekitar panel surya dapat mencapai 40-50°C.

Berdasarkan teknologi yang digunakan PLTS dibagi menjadi dua sistem, yaitu sistem PLTS *grid-connected* dan sistem PLTS *off-grid* atau biasa disebut *stand alone* (Feron, 2016).

### 2.5.1 PLTS *Grid-Connected*

Sistem *Grid-Connected* pada PLTS merupakan sistem yang terhubung dengan *grid* sumber. *Grid* sumber berfungsi sebagai cadangan dan pada sistem ini tidak membutuhkan baterai sebagai penyimpanan. Hal ini membuat sistem *grid-connected* lebih sederhana. Akan tetapi panel surya harus terhubung dengan *grid* yang lebih murah. Sistem *grid-connected* harus dilengkapi dengan inverter agar dapat disinkronisasi dengan *grid*, sehingga dapat menjaga kualitas suplai listrik. Sistem ini lebih ekonomis, karena panel surya dapat menyuplai ke beban pada siang hari, ketika harga listrik dari *grid* lebih mahal (Zooba dan Bansal, 2011).

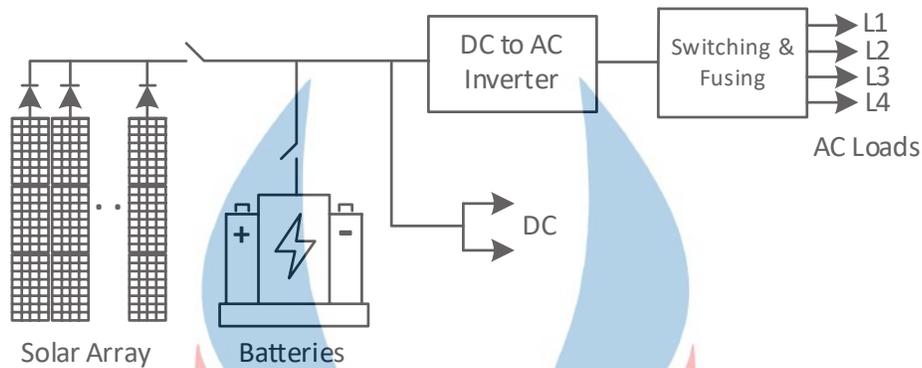


Gambar 2.10 Rangkaian PLTS *Grid-Connected* (Zooba dan Bansal, 2011)

### 2.5.2 PLTS *Off-Grid*

Sistem PLTS *Grid-connected* memiliki dua sumber daya. Pertama yaitu dari sumber tegangan jala-jala PLN dan kedua yaitu sumber dari sistem PLTS yang dibangun. Kedua sumber daya ini akan diatur oleh suatu komponen yang biasa disebut *AC Distributed Board* (ACDB). Besarnya daya yang dipenuhi oleh kedua sumber daya ini bergantung dari besarnya modul panel surya yang terpasang dan faktor lain seperti iradiasi, suhu lingkungan, dan efek *shading*. Ketika modul panel surya dapat menghasilkan listrik yang melebihi dari kebutuhan bangunan, kelebihan listrik akan dialirkan ke sambungan jala-jala.

Ketika tidak ada sinar matahari yang mengenai modul panel surya, misalnya saat cuaca berawan atau malam hari, bangunan akan menggunakan sumber daya dari PLN (Zooba dan Bansal, 2011).

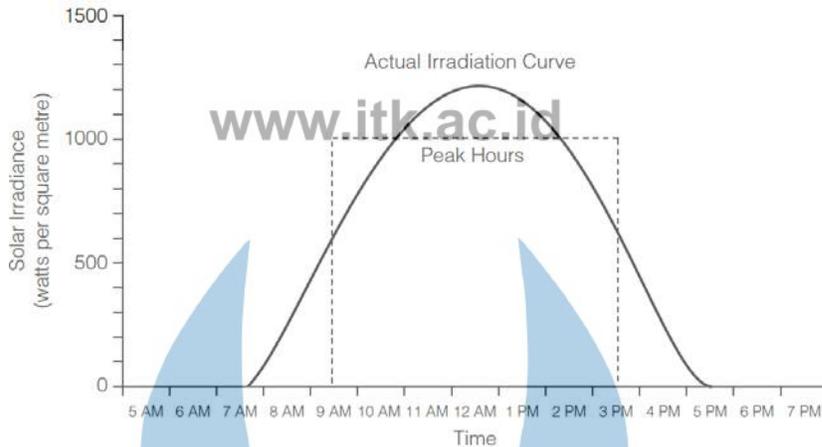


**Gambar 2.11** Rangkaian PLTS *Off-Grid* (Patel, 2006)

## 2.6 Iradiasi Matahari

Iradiasi matahari yang ada di bumi mengalami perubahan setiap saat. Perubahan tersebut disebabkan oleh posisi dari matahari berdasarkan revolusi bumi yang terjadi. Pada posisi tersebut matahari dapat memancarkan iradiasi maksimum berdasarkan waktu penyinaran. Iradiasi maksimum yang paling optimal pada waktu siang hari. Hal ini disebabkan posisi matahari tegak lurus terhadap permukaan bumi sehingga nilai iradiasi mencapai  $> 1000\text{W}/\text{m}^2$  (Hankins, 2009). Iradiasi optimal tersebut terdapat pada kurva iradiasi aktual dari matahari seperti pada **Gambar 2.12**.

Pada pagi dan sore hari posisi matahari berubah dan memiliki sudut deklinasi. Sudut tersebut menyebabkan nilai iradiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi menjadi berkurang. Nilai iradiasi matahari dengan interval  $800\text{-}1000\text{W}/\text{m}^2$  dapat diterima oleh permukaan bumi pada waktu 9AM & 2PM. Nilai iradiasi dengan interval  $600\text{-}800\text{ W}/\text{m}^2$  terdapat pada waktu 8AM & 3PM. Nilai iradiasi antara  $400\text{-}600\text{ W}/\text{m}^2$  terletak pada waktu 7AM & 4PM (Hankins, 2009).



**Gambar 2.12** Kurva Aktual Iradiasi Matahari Terhadap Bumi (Hankins, 2009).

Dari sebagian radiasi matahari yang mampu campai ke permukaan bumi dibedakan menjadi 3 berdasarkan prosesnya, yaitu sebagai berikut.

A. Radiasi Langsung (*Direct Radiation*)

*Direct Radiation* merupakan radiasi yang mencapai bumi tanpa adanya perubahan arah dan diterima oleh bumi dalam arah sejajar.

B. Radiasi Hambur (*Diffuse Radiation*)

*Diffuse Radiation* merupakan radiasi yang mengalami perubahan akibat adanya pemantulan dan pembiasan oleh benda lain yang ada di permukaan bumi, seperti pemantulan oleh dinding rumah atau pemantulan yang diakibatkan oleh kaca.

C. Radiasi Total (*Global Radiation*)

*Global Radiation* merupakan penjumlahan dari *Direct Radiation* dan *Diffuse Radiation*.

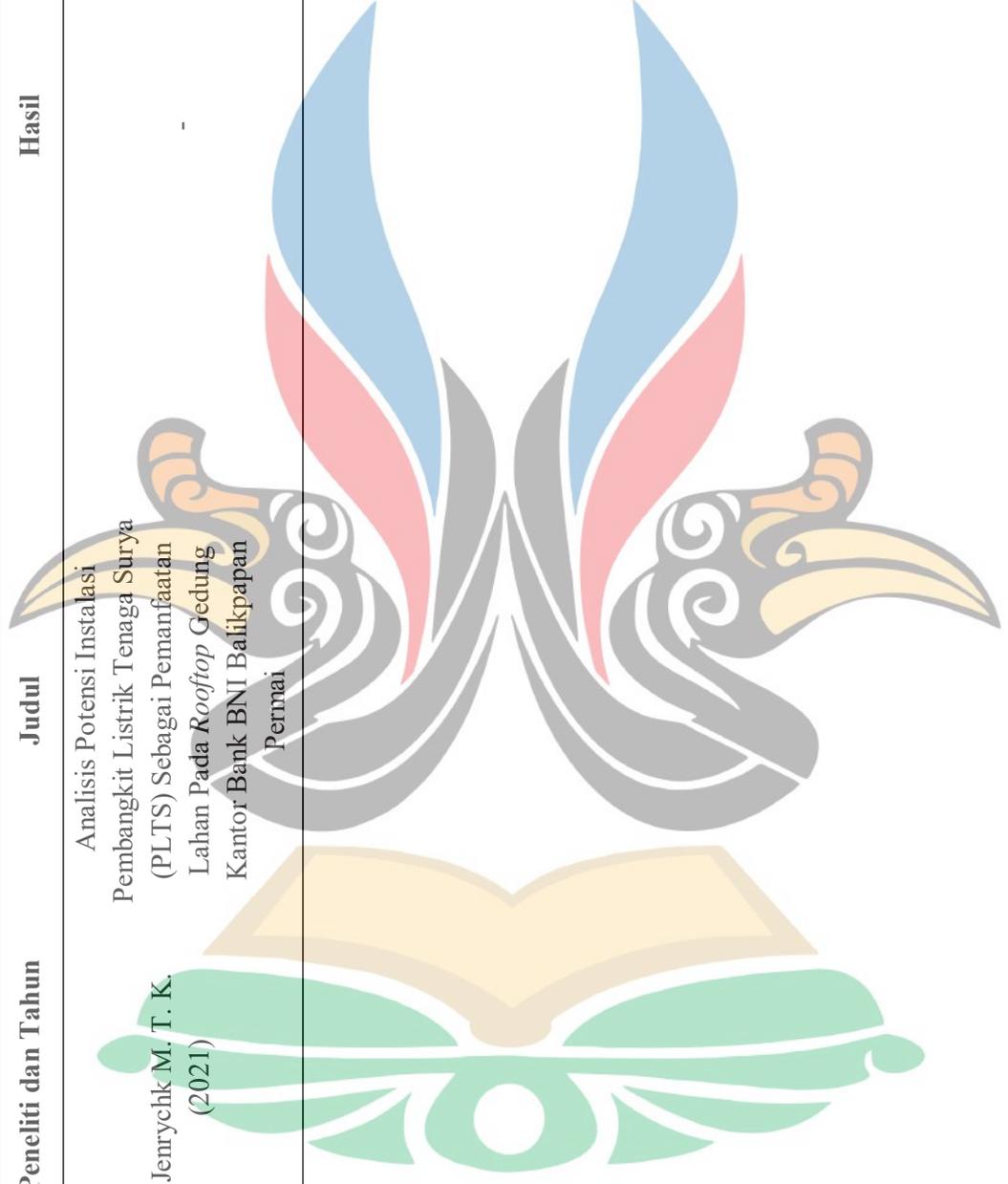
## 2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan tabel gambaran umum posisi penelitian dalam tugas akhir yang dilakukan.

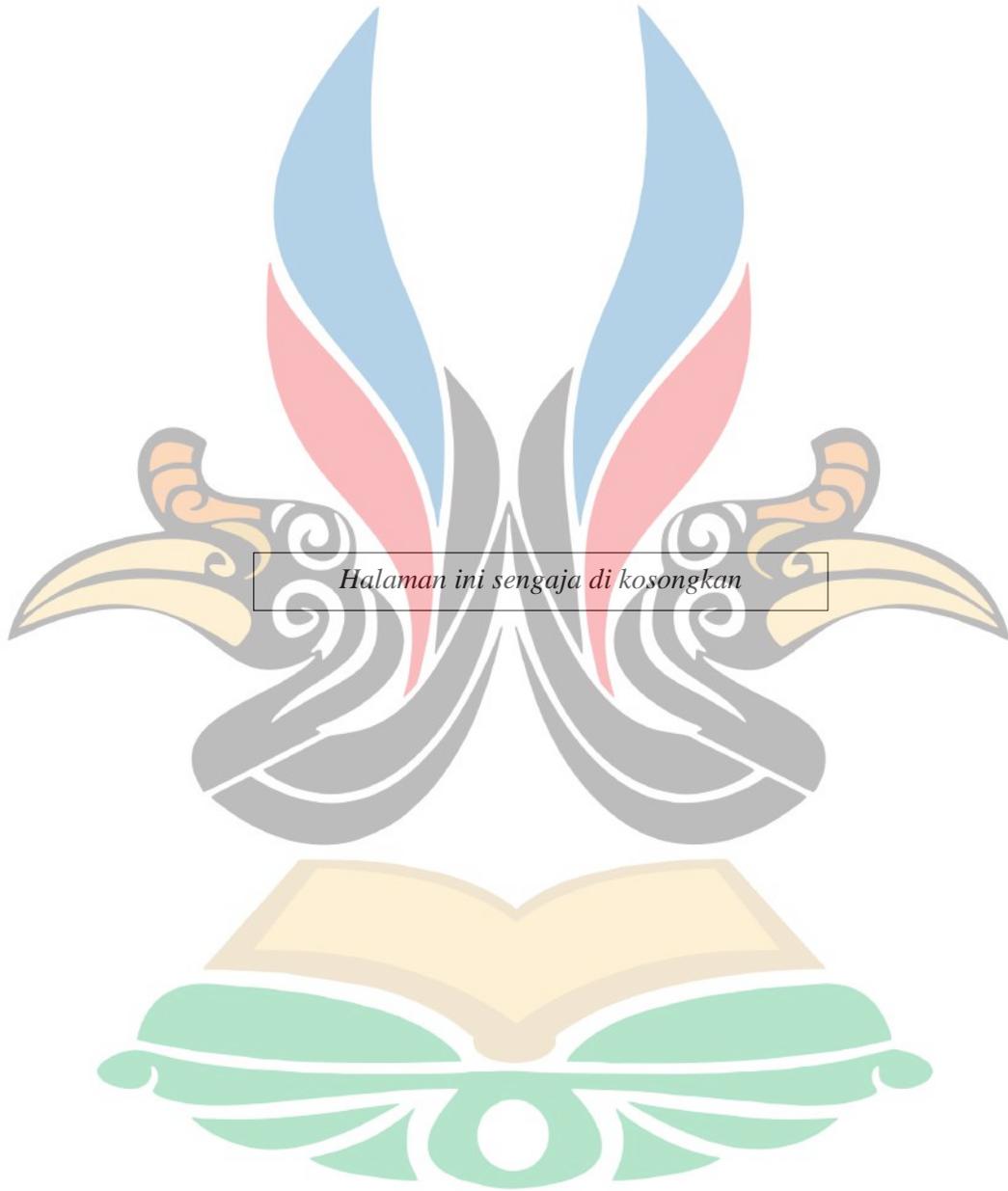
Tabel 2.2 Gambaran Umum Posisi Penelitian (Penulis, 2021)

NO	Peneliti dan Tahun	Judul	Hasil
1	Izef Aulia Kurniawan (2016)	Analisa Potensi PLTS sebagai Pemanfaatan Lahan PLTU Paiton	Potensi Energi Surya yang ada di Paiton per-bulannya sebesar 346 W/m <sup>2</sup> . Atau 4156,8 W/m <sup>2</sup> selama setahun
2	Eieser Tarigan (2017)	Analisis Potensi Bangunan Kampus USU Sebagai Penempatan PLTS	Luas Kampus Universitas Surabaya adalah 12.280-m <sup>2</sup> . Total Daya yang diperoleh dalam Sebulan adalah 248-362MWh
3	H. Kristiawan (2019)	Potensi PLTS di Atap Gedung Sekolah Dasar 005 Denpasar	Dengan Menggunakan Simulator Helioscope didapatkan Potensi Energi Sebesar 3214,6 kWh.
4	Defi Rizkasari (2020)	Potensi PLTS di Kantor Dinas Pekerjaan Umum	Total Daya dari Perancangan PLTS pada Gedung Sebesar 57kWp, Total dari Keseluruhan Daya Dalam Setahun Adalah 73,484 MWp

NO	Peneliti dan Tahun	Judul	Hasil
5	Jenrych M. T. K. (2021)	Analisis Potensi Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Pemanfaatan Lahan Pada <i>Rooftop</i> Gedung Kantor Bank BNI Balikpapan Permai	-



[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)



*Halaman ini sengaja di kosongkan*

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)