

BAB III

METODE PENELITIAN

Detail dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 1-31 Maret 2021, bertempat di Perumahan Bumi Teluk Jambe Blok C268 RT 06/ RW 16 Karawang, Jawa Barat, tepatnya dikediaman Bapak Yoelfera. PLTS yang menjadi objek penelitian sudah dalam keadaan terinstal dan dipakai oleh Pak Yoelfera. Kegiatan penelitian meliputi studi pendahuluan, pengumpulan data, analisis dan pembahasan. Objek penelitian ini adalah langkah-langkah teknis untuk menginstalasi PLTS dirumah, mengukur daya keluaran dari PLTS, serta estimasi penghematan biaya (*cost saving*) untuk pembayaran tagihan listrik bulanan yang bisa didapatkan.

1.2 Prosedur Penelitian

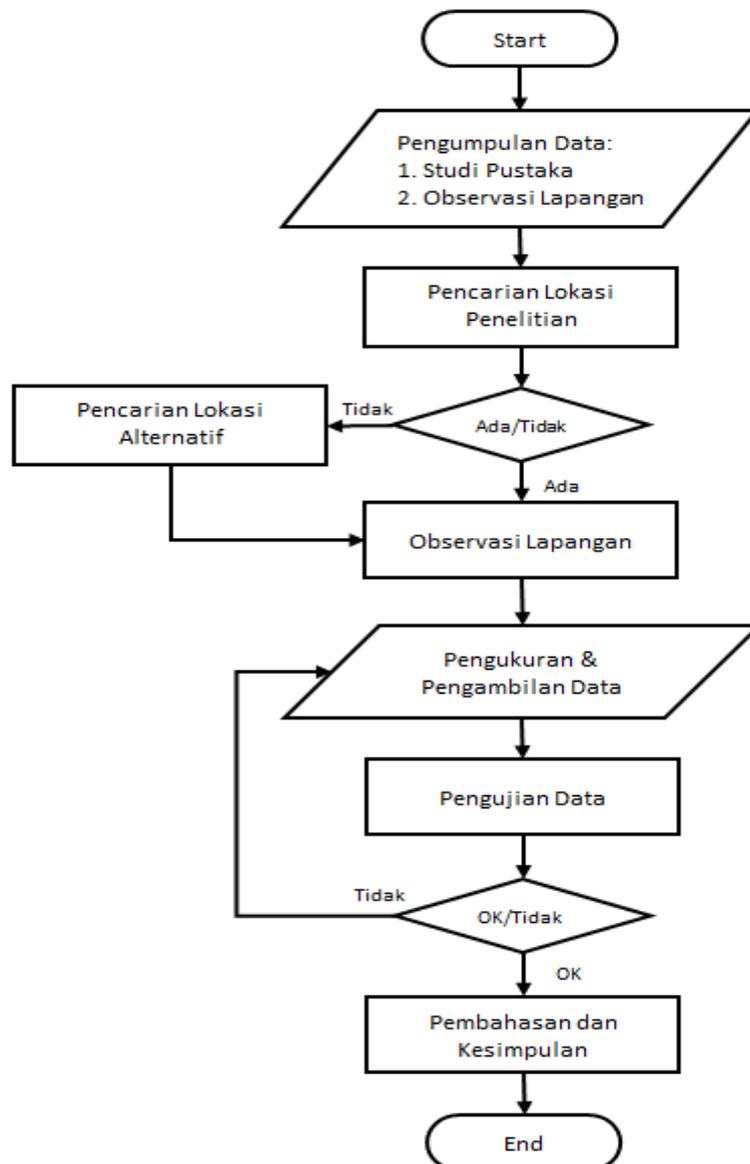
Dalam penelitian ini, penulis melakukan beberapa tahapan analisis dan menyimpulkan sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur terkait *Solar Cell* melalui buku, jurnal ataupun tugas akhir yang pernah dibuat sebelumnya.
2. Melakukan observasi lapangan ketempat dimana ada area yang menggunakan *Solar Cell*.
3. Melakukan pencarian lokasi penelitian, yang memungkinkan untuk dijangkau (jaraknya tidak terlalu jauh) hingga memudahkan dalam melakukan observasi. Jika target lokasi untuk penelitian belum ditemukan, maka akan dicari alternatif tempat selain target penelitian yang telah ditentukan diawal.
4. Observasi lapangan ke tempat yang akan dilakukan penelitian
5. Pengukuran dan pengambilan data
6. Melakukan pengujian data. Apabila data sudah seragam dan cukup, maka proses bisa berlanjut ke pembahasan serta kesimpulan, tetapi jika

belum seragam dan belum cukup, maka harus dilakukan pengambilan data ulang.

7. Analisa data dan membuat kesimpulan

Untuk lebih jelasnya, alur dari prosedur penelitian bisa dilihat pada *flow chart* dibawah ini:

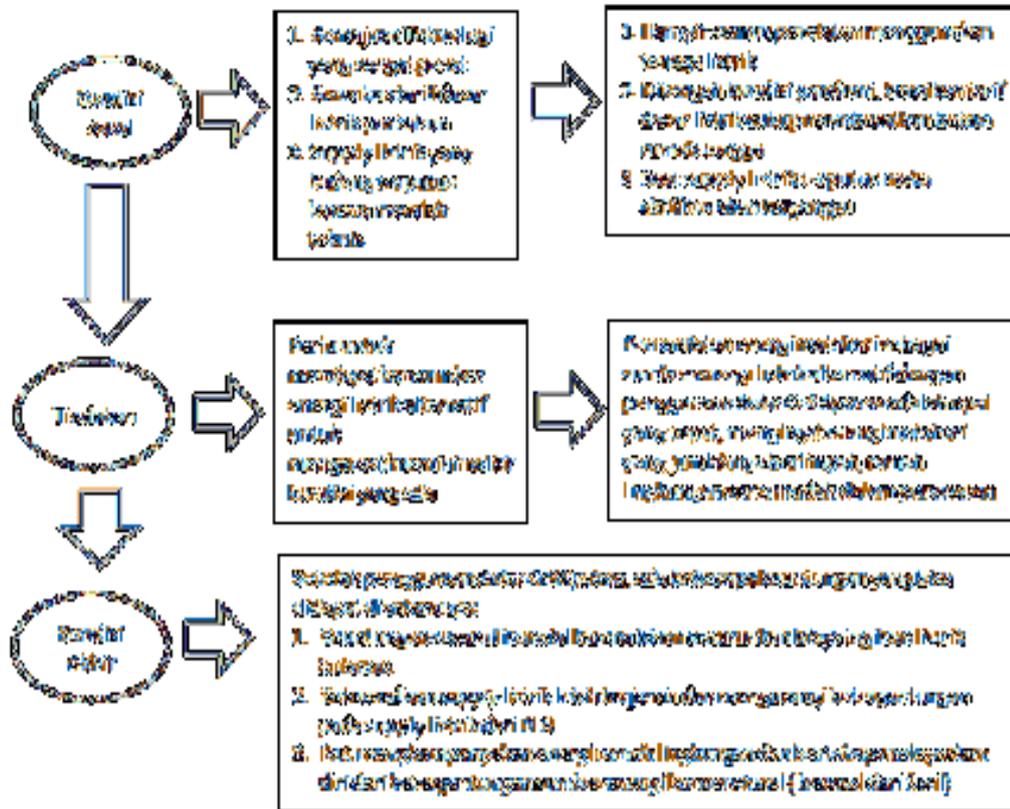


Gambar 3.1 *Flow Chart* Prosedur Penelitian

3.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka penelitian ini berdasarkan pada kondisi yang berlangsung saat ini dimana kemajuan teknologi berkembang sangat pesat, sehingga setiap peralatan yang kita gunakan setiap hari tidak bisa lepas dari keberadaan sumber energi listrik. Apabila suatu kendala teknis menyebabkan *supply* listrik terputus, maka akan berakibat terganggunya aktivitas kita sehari-hari. Kondisi lainnya yang cukup mengkhawatirkan adalah semakin menipisnya sumber energi konvensional (berasal dari fosil) sehingga apabila tidak segera diambil tindakan untuk mencari sumber energi listrik alternatif lain yang non-konvensional dan sifatnya terbarukan, maka jika sumber energi listrik konvensional habis akan timbul masalah besar karena terjadinya krisis energi. Energi surya adalah sumber energi yang berlimpah dan terbarukan. Energi matahari yang dapat dirubah menjadi energi listrik melalui rangkaian pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) telah terbukti mampu untuk menjadi sumber energi listrik alternatif yang bisa diandalkan, baik untuk skup besar (perusahaan/manufaktur) maupun untuk skup kecil (rumah tangga). Meskipun untuk penginstalasian awal dibutuhkan biaya yang cukup tinggi, tetapi setelah PLTS digunakan setiap bulan pemilik unit PLTS bisa mendapatkan penghematan berupa penurunan biaya tagihan listrik.

Adapun kerangka pemikiran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Kerangka Pemikiran

3.4 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder

Tabel 3.1 Tabel Jenis dan Sumber Data

Jenis Data	Detail Sumber Data	Metode Mendapatkan Data
Data Primer	<ol style="list-style-type: none">1 Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang digunakan2 Bagaimana sistem kerja PLTS baik elektrik maupun mekaniknya3 Bagaimana langkah penginstalasian PLTS dirumah4 Bagaimana proses maintenance PLTS5 Apakah ada efek yang ditimbulkan setelah proses penginstalasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) selesai, khususnya kepada lingkungan disekitar rumah tempat PLTS terinstalasi.6 Secara analisa ekonomis, bagaimana kontribusi PLTS terhadap pengurangan biaya tagihan listrik bulanan, dan berapa lama perkiraan waktu yang dibutuhkan oleh pemilik PLTS untuk mencapai titik impas/Break Event Point (BEP).	Wawancara, Observasi langsung Pengukuran
Data Sekunder	<ol style="list-style-type: none">1 Penelitian terdahulu2 Teori-teori tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	Buku, Jurnal dan tulisan ilmiah lainnya

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

3.5.1 Observasi

Observasi dilakukan dengan cara melakukan kunjungan langsung ke tempat/objek penelitian yakni rumah Pak Yoelfera yang telah terinstalasi PLTS. Tujuan dari observasi adalah untuk mengetahui informasi yang nyata dan aktual untuk dijadikan bahan penelitian.

3.5.2 Wawancara

Wawancara dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi sedetail mungkin dari pemilik perangkat PLTS. Informasi detail yang diperoleh dari narasumber nantinya akan menjadi bahan bagi penulis dalam mengolah data serta menganalisis hasil penelitian.

3.5.3 Dokumentasi

Dokumen yang dimaksud adalah gambar/foto subjek penelitian, dengan mengutip informasi dalam dokumen yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

3.5.4 Studi Literatur

Studi literatur berupa pencarian dan pemahaman terhadap artikel, jurnal, tugas, atau penelitian-penelitian lebih dulu yang berhubungan dengan topik tugas akhir yang dibuat oleh penulis.

3.6 Analisis Data

Untuk memperoleh *output Solar Cell System* yang optimal, harus diketahui apa saja yang harus dilakukan serta bagaimana cara untuk memilih komponen-komponen yang akan digunakan. Adapun langkah-langkah untuk memilih komponen PLTS adalah sebagai berikut:

3.6.1. Perancangan Beban

Hitung beban (peralatan listrik) yang ditenagai oleh sistem panel surya dengan membuat daftar nama beban, unit beban, kapasitas setiap beban, waktu penggunaan beban dan mengambil total beban per hari per unit. . Dari KWh (kilowatt jam). Total beban harian dikenal sebagai total perkiraan konsumsi energi harian untuk menghitung komponen yang dibutuhkan dari sistem tenaga surya. Menurut sebuah studi oleh Djamin (2010) dalam jurnal "Studi pada aplikasi dan dampak lingkungan dari pembangkit listrik fotovoltaik", ada kerugian dalam sistem sel surya dan sekitar 0% dari energi yang dibuat hilang. %. Kebocoran terjadi karena hal-hal berikut:

- A. Rugi pada panel surya karena debu pada permukaan modul, suhu di sekitar modul dan rugi yang disebabkan oleh kabel.
- B. Rugi pada *Baterai Charge Controller* (BCR). Bagian ini membutuhkan listrik dan rugi-ruginya dapat diukur dengan melihat bagian tersebut berubah menjadi panas.
- C. Rugi pada baterai. Arus baterai tidak dapat diukur secara langsung, tetapi dapat ditentukan dengan melihat modul dan mengukur arus pengisian.
- d. Rugi *Inverter*. Jika arus mengalir melalui *inverter* sebelum masuk ke baterai, maka akan bocor karena membutuhkan arus untuk beroperasi. Karena rugi-rugi ini, rugi-rugi daya harus diperhitungkan ketika menghitung beban total.

3.6.2. Penentuan jumlah panel surya

Panel surya yang akan dipakai mempunyai satuan WP (*Watt Peak*) yang berarti daya maksimal yang bisa dihasilkan oleh *Solar Cell*. Meskipun matahari dapat bersinar sekitar 10-12 jam/hari, tetapi ada waktu (jam) dimana matahari paling efektif bersinar atau disebut juga "*Peak Sun Hour*" atau PSH dengan satuan jam (*hour*). Setiap wilayah mempunyai "*Peak Sun Hour*" nya masing-masing. Untuk kota Karawang sendiri, menurut situs <https://global.solaratlas.info> mempunyai "*Peak Sun Hour*" sebesar 5 jam (*hour*). Maka rumus untuk menghitung jumlah *Solar Panel* yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Jumlah Solar Panel} = \text{Total daily power usage estimation} / \text{Peak Sun Hour}$$

Kemudian, hasilnya dibagi dengan watt *peak* panel surya yang dipilih (misal: 100 WP, 200 WP dan lain-lain) sehingga didapat berapa jumlah panel surya yang dibutuhkan.

3.6.3. Penentuan jumlah baterai

Seperti dijelaskan pada saat pemilihan panel surya, bahwa ada rugi-rugi yang timbul dari saat arus dihasilkan panel surya, kemudian mengalir ke komponen pendukungnya, termasuk baterai. Untuk mengatasi rugi arus setelah melewati *inverter*, maka kita gunakan angka 5%, maka *Total daily watt estimation* harus ditambahkan dengan kerugian baterai sebanyak 5%, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total daily power usage estimation} / (100\% - 5\%) = \dots\dots\dots(\text{watt})$$

Dalam baterai terdapat istilah masa pakai/*lifetime*, yaitu usia pakai baterai akan menjadi pendek atau bahkan cepat rusak jika sering digunakan sampai benar-benar habis. Maka sebaiknya kapasitas baterai yang ideal adalah 50% dari total kapasitas baterai itu sendiri. Dengan kondisi tersebut maka jumlah baterai yang harus kita siapkan menjadi 2x lebih banyak. Rumus untuk mendapatkan jumlah baterai adalah sebagai berikut:

Jumlah baterai = $Total\ daily\ power\ usage\ estimation$: Kapasitas
baterai.....(pcs)

Jumlah ini kemudian kita kalikan 2 untuk mengcover kapasitas baterai yang hanya dipakai 50%. Jika pemilik unit PLTS menginginkan cadangan listrik untuk 3 hari, maka jumlah baterai yang dibutuhkan harus dikalikan 3.

3.6.4. Penentuan Spesifikasi Inverter

Besaran watt *Inverter* yang akan digunakan, ditentukan dari besarnya kebutuhan watt yang akan kita *backup* Spesifikasi *Inverter* yang dipilih harus lebih besar dari total beban puncak AC (*Alternating Current*) yang digunakan.

3.6.5. Penentuan spesifikasi *Solar Charge Controller* (SCC)

Untuk menghitung kebutuhan *solar charge controller* (SCC), terlebih dahulu kita harus mengetahui karakteristik dan spesifikasi panel surya, biasanya informasi berupa *datasheet* yang menempel di bagian belakang panel surya. . Ilustrasi *datasheet* seperti terlihat pada foto dibawah ini:



Gambar 3.3 Label Spesifikasi *Solar Cell*

(Sumber: Ramadhani, 2018)

Hal yang harus diperhatikan adalah besaran I_{sc} (*short circuit current*), yang dikalikan dengan jumlah panel surya, dan hasilnya adalah pengontrol muatan minimum yang diperlukan.

3.6.6. Perakitan *Solar Cell* pada atap rumah

Rakitan atap surya dapat menggunakan sistem pemasangan tetap atau sistem pelacakan. Sistem pemasangan tetap sering dipilih untuk aplikasi tata surya rumah. Hal lain yang perlu diingat adalah bayangan di sekitar panel surya. PLTS pada dasarnya menggunakan pendekatan terdistribusi atau terpusat (*distributed energy source*) untuk memenuhi kebutuhan pembangkit listrik besar dan kecil, baik otonom maupun *hybrid* (dikombinasikan dengan sumber energi lain).

3.6.7. Instalasi Sistem Kontrol Kelistrikan

PLTS dengan sistem *Off-Grid* (*stand alone system*) pada dasarnya bisa bekerja tanpa perlu adanya listrik dari PLN. Untuk menjamin ketersediaan listrik di rumah dengan jumlah baterai yang terbatas, tentunya tidak bisa hanya mengandalkan *supply* listrik dari PLTS *Off-Grid* saja, dan harus dibantu dengan *supply* arus dari PLN. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu sistem kontrol kelistrikan, yang memungkinkan proses peralihan (*switching*) dari PLTS *Off-Grid* ke PLN atau sebaliknya, dengan menggunakan *Automatic Transfer Switch* (ATS). Aliran listrik yang di *supply* oleh PLTS *Off-Grid* akan otomatis diputus oleh LVD (*Low Voltage Detector*) pada saat tegangan batere sudah mencapai titik mati bawah yang telah ditentukan, kemudian *Automatic Transfer switch* (ATS) akan menyalakan kontaktor PLN sehingga arus yang men-*supply* rumah berganti ke arus PLN. PLTS *Off-Grid* akan kembali men-*supply* arus pada saat baterai telah terisi hingga level titik mati atas.

3.6.8. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan secara harian, dan bisa dilakukan dengan dua cara dibawah ini:

1. Melalui *Solar Cell Software* yang diinstal ke telepon *cellular* si pemilik unit *Solar Cell*, yang mana saat mengaktifkan *software* tersebut, telepon *cellular* juga harus mengaktifkan *Bluetooth* yang terhubung dengan unit *Solar Cell*.
Atau,

2. Melalui *monitor display (wattmeter)* yang ada pada panel kelistrikan *Solar Cell*. Pada *display* tersebut ada tombol yang ditekan secara manual untuk menampilkan informasi-informasi yang diperlukan.

3.6.9. Pengujian data

“Data hasil pengukuran yang telah diperoleh kemudian mendapatkan perlakuan pengujian, dengan rumus-rumus sebagai berikut:

a. Uji Keseragaman Data

* Menghitung rata-rata (\bar{X}) dari hasil pengukuran arus dengan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Dimana:

$\sum X$ = Penjumlahan semua data pengamatan

N = Jumlah data pengamatan

• Menguji Simpangan baku/Standar deviasi, dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

• Menghitung Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB), dengan rumus:

$$BKA = \bar{X} + k.\sigma$$

$$BKB = \bar{X} - k.\sigma$$

Dimana K adalah Tingkat keyakinan dengan nilai sebagai berikut:

- Jika Tingkat keyakinan 99%, maka nilai K = 3
- Jika Tingkat keyakinan 95%, maka nilai K = 2
- Jika Tingkat keyakinan 90%, maka nilai K = 1,65

b. Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[\frac{k / s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

Dimana:

- N : Jumlah data pengamatan sebenarnya
- N' : Jumlah data secara teoritis
- s : Derajat ketelitian (degree of accuracy)
- k : Tingkat kepercayaan (level of confidence)

C. Analisa Ekonomis

Analisa ekonomis yang dimaksud adalah menghitung penghematan biaya dalam hal pembayaran tagihan listrik bulanan serta estimasi waktu untuk mencapai titik impas/*Break Even Point* (BEP). Adapun rumus-rumus yang dipergunakan adalah:

- Penghematan biaya tagihan listrik bulanan:”

$$\frac{\text{Biaya tagihan listrik /bulan (beban non-PLTS)}}{\text{Biaya tagihan listrik /bulan (semua beban di supply PLTS)}} \times 100\%$$

- Perhitungan titik impas/*Break Even Point* (BEP)

$$BEP = \frac{FC}{P - VC}$$

Dimana:

- FC: Biaya tetap (Fixed Cost)
- VC: Biaya Variable (Variable Cost)
- P: Harga Jual/unit (Price)

d. Perhitungan efisiensi panel surya

Efisiensi panel surya dapat dikalkulasi dengan menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc}$$

$$P_{in} = G \times A$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

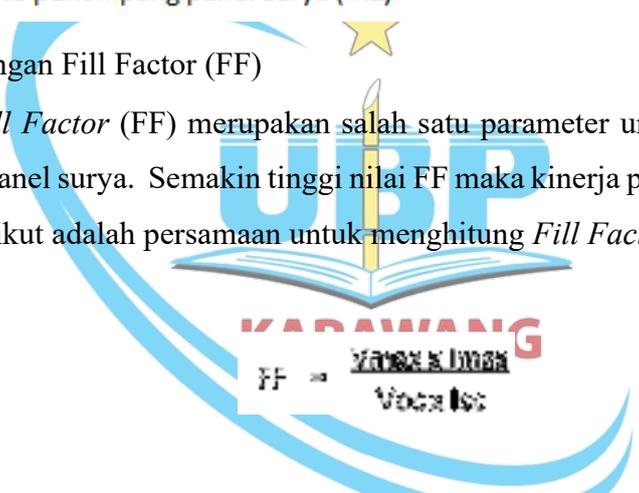
$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc}}{G \times A} \times 100\%$$

Dimana:

- P_{out} : Daya keluaran panel surya (watt)
- P_{in} : Daya masukan panel surya (watt)
- η : Efisiensi panel surya (%)
- V_{oc} : Tegangan rangkaian terbuka (Volt)
- I_{sc} : Arus hubung singkat (Ampere)
- G : Intensitas radiasi matahari (W/m²)
- A : Luas penampang panel surya (m²)

e. Perhitungan Fill Factor (FF)

Fill Factor (FF) merupakan salah satu parameter untuk meningkatkan efisiensi panel surya. Semakin tinggi nilai FF maka kinerja panel surya semakin baik. Berikut adalah persamaan untuk menghitung *Fill Factor* (FF) :



$$FF = \frac{V_{max} \times I_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

Dimana:

- V_{max} : Maksimum tegangan yang bisa dihasilkan oleh panel surya.
- I_{max} : Maksimum arus yang bisa dihasilkan oleh panel surya.

g. Perhitungan *Pin* dan *Poutput*

Untuk mengetahui daya yang dibangkitkan oleh Panel surya (*Poutput*), maka terlebih dahulu kita harus menghitung *Pin*, yakni daya input akibat *irradiance* matahari (watt).

Rumus untuk menghitung *Pin* yaitu:

$$P_{in} = I_r \cdot A$$

Dimana:

I_r : Intensitas radiasi matahari (watt/m²)
 A : Luas permukaan panel surya (m²)

Rumus untuk menghitung *P_{output}* adalah:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

Dimana:

P_{output} : Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (watt)
 V_{oc} : Tegangan rangkaian terbuka pada panel surya (volt)
 I_{sc} : Arus hubungan singkat pada panel surya (ampere)
 FF : Fill Factor

Sedangkan estimasi pencapaian daya yang diinginkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:"

