

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Al-Shetwi dan Sujod (2016) pada penelitian yang berjudul *Sizing and Design of PLTS for Photovoltaic Power Plant Connected Grid Inverter*. Meneliti tentang pemasangan *PLTS* berdaya 1,5 MW dengan menggunakan *software* MATLAB, dimana dengan MATLAB akan didapatkan ukuran *PLTS* yang akan digunakan, peningkatan gangguan dan pengamatan, serta pengamatan teknik daya maksimum (MPPT). Untuk ukuran *PLTS* juga bisa dihitung menggunakan rumus, sehingga didapatkan ukuran panel yang harus dihubungkan seri dan paralel yakni 3618 panel *PLTS* berdaya 415 Wp per panel, yang dihubungkan secara seri sebanyak 9 panel dan 402 panel dihubungkan secara paralel.

Nirwan dan Thakur (2017) pada penelitian yang berjudul *Performance Evaluation of Grid Connected Solar PV Plant Using PVSyst*. Meneliti tentang kinerja dari *Solar Cell* yang dihubungkan langsung ke jaringan listrik. Penelitian yang dikerjakan oleh Universitas Teknologi PEC terbesar di Chandigarh, India dengan menggunakan *software PVSyst*. Orientasi sistem yang digunakan untuk evaluasi yakni pengoptimalan sudut kemiringan dan azimuth panel *PLTS*. Pada simulasi digunakan sudut kemiringan 15° dan 30°, sedangkan untuk sudut azimuth 0° dan -30°. Besar daya yang dibangkitkan adalah 1 MW, dengan total 4000 panel surya, 35 *Inverter* 3 pisa (30 kW sebanyak 30 buah dan 20 kW sebanyak 5 buah) dan dikoneksikan ke jaringan 11 KV. Dan dari percobaan menunjukkan bahwa sudut kemiringan 15° lebih optimal daripada sudut kemiringan 30°, dimana energi listrik yang dihasilkan lebih banyak 4,71%. Dari penelitian ini diambil referensi tentang sudut kemiringan dan azimuth, serta penggunaan *software PVSyst* sebagai salah satu metode perhitungan.

Perdana, Wardiah dan Yohanes (2018) yang meneliti Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On Grid* 5500 Watt Di Rumah Kost Akademi. Menjelaskan tentang perencanaan pemanfaatan potensi energi matahari di Indonesia yang sangat besar, oleh karenanya diteliti perencanaan *PLTS On Grid*

sebesar 5500 Watt yang akan ditaruh pada atap rumah kost. Panel solar cell yang digunakan berkapasitas 200 Wp sebanyak 28 panel yang kemudian hasilnya diproses oleh inverter dan langsung dihubungkan ke jaringan listrik PLN. Output daya yang dihasilkan PLTS ini rata-rata sebesar 738,6 kWh/bulan. Dengan adanya PLTS ini dapat sangat membantu kinerja PLN untuk memenuhi permintaan beban.

Simantupang dan Faskayana (2019) pada penelitian yang berjudul *Feasibility Study of Photovoltaic – Diesel Hybrid Power System as Renewable Energy Source*. Menjelaskan tentang kelayakan pemanfaatan sistem pembangkit hybrid khususnya PLTS untuk mengurangi biaya dan emisi CO<sup>2</sup> pada pembangkit listrik tenaga *diesel* Legon Bajak di pulau Karimun. PLTS ini nantinya akan dioperasikan bergantian dengan *diesel*, di mana untuk siang hari menggunakan PLTS dan malam harinya menggunakan *diesel*. Besar daya yang direncanakan yakni 1000 *kilo-Watt peak* (kWp) atau 1 mWp dan baterai sebagai penyimpanan berkapasitas 500 kWp. Penghematan bahan bakar solar diperkirakan berkurang 50% yang awalnya Rp. 50.000.000 menjadi Rp.25.000.000. Untuk perhitungan ekonomis dengan bunga 4,25% nilai Net Present Value (NPV) mencapai Rp. 21.015.711.258 dan Internal Rate of Return (IRR) 20,90% dalam 3 tahun.

Berdasarkan beberapa jurnal terdahulu, maka pada penelitian kali ini akan menganalisa pengoptimalan Pembangkit Listrik Tenaga *Diesel* (PLTD) Legon Bajak menggunakan PLTS *On Grid* yang bekerja dari pukul 07.00 – 17.00 WIB, dengan kapasitas PLTS 800 kWp berdasarkan 50% dari besarnya beban maksimal energi listrik di Karimunjawa di jam tersebut. Untuk perhitungan daya output PLTS akan dihitung secara manual berdasarkan radiasi matahari di Karimunjawa yang didapat dari data NASA *Power* dan juga menggunakan *software PV Syst* sebagai alat simulasi perhitungan, hasil perhitungan daya keluaran tersebut nantinya dapat menjadi acuan untuk penghematan biaya bahan bakar PLTD. Dihitung juga biaya investasi dari pemasangan PLTS *On Grid* 800 kWp, kemudian menghitung periode pengembalian modal, *net present value*, *benefit cost ratio* dan *internal rate of return*.

## 2.2 Landasan Teori

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka landasan teori yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

### 2.2.1 PLTD

Pembangkit Listrik Tenaga *Diesel* (PLTD) merupakan pembangkit listrik yang penggerak mula (*prime mover*) menggunakan mesin *diesel*. *Prime mover* merupakan suatu peralatan yang memiliki fungsi untuk menghasilkan energi mekanis yang digunakan untuk memutar rotor generator. (Dedisukma, 2015)



Gambar 2. 1 *Diesel Generator* PLTD Legon Bajak

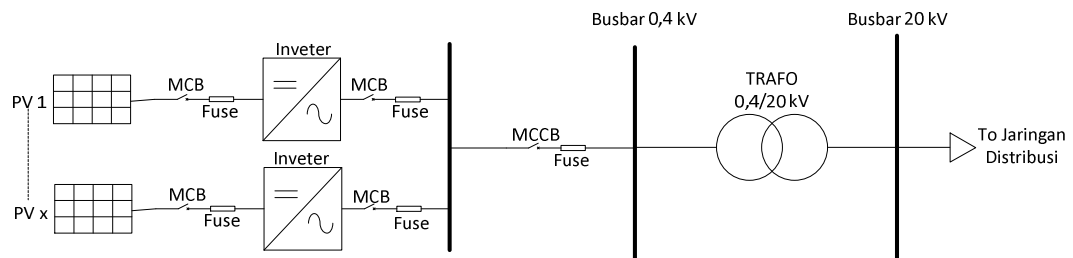
Pada PLTD Legon Bajak digunakan *diesel generator* merk Wartsila 9L26 yang memiliki daya *output* mencapai 2708 kW dengan kecepatan putar 1000 rpm yang dapat menghasilkan 2200 kW listrik, sehingga efisiensi dari generator tersebut adalah 81,24 %. Konsumsi bahan bakar dari mesin ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{SFC} = \frac{\text{Total } V_{\text{fuel}}}{\text{Total kWh netto}} \dots\dots\dots (2.1)$$

### 2.2.2 PLTS *On Grid*

Merupakan pembangkit listrik yang merubah energi panas matahari menjadi energi listriki, dimana daya keluaran dari PLTS akan dihubungkan

langsung menuju jaringan PLN dan disalurkan ke konsumen. Berikut *single line diagram* dari PLTS *On Grid* :



Gambar 2. 2 Single Line Diagram PLTS *On Grid*

Dari *single line diagram* di atas, PLTS dihubungkan langsung dengan *inverter* tanpa adanya baterai dikarenakan daya yang dihasilkan dari PLTS akan dikonversikan menjadi tegangan AC melalui *inverter* dan langsung salurkan untuk memenuhi kebutuhan beban.

Adapun komponen utama dari PLTS *On Grid* adalah sebagai berikut :

#### 1. Panel surya

Panel surya adalah peralatan yang tersusun dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik (Suyanto, 2014). Sel surya dibuat dari bahan semi konduktor yaitu silikon. Silikon pada sel surya merupakan sebuah diode yang lapisan atas silikonnya bertipe n dan lapisan bawah silikonnya bertipe p (Mintorogo, 2014). Berdasarkan dari teknologi pembuatan, sel surya terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- a. *Polycrystalline Solar Cell*
- b. *Monocrystalline Solar Cell*
- c. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Pada penelitian ini, *monocrystalline solar cell* menjadi jenis panel surya yang akan digunakan. Menurut Sari (2015) *monocrystalline solar cell* memiliki efisiensi paling tinggi yakni sekitar 15%-20% dibandingkan dengan jenis sel surya lainnya. Beberapa sel surya harus disatukan agar dapat berbentuk panel surya, dikarenakan satu sel surya hanya dapat menghasilkan tenaga listrik yang sangat kecil.



Gambar 2. 3 Panel Surya

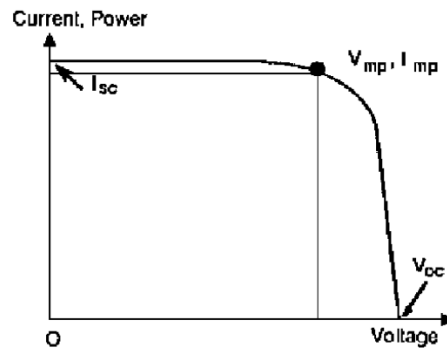
Panel surya yang akan digunakan dalam simulasi penelitian ini adalah Jinko *Solar* JKM 300M-60, dimana memiliki daya keluaran maksimum 300 Wp, dengan tegangan kerja 32,6 V dan arus 9,21 A.

Menurut Safrizal (2017) kapasitas daya keluaran yang dihasilkan panel surya maksimum dengan satuan *wattpeak* (Wp), yang dikonversikan menjadi wathour (Wh) tergantung dari radiasi matahari yang mengenai permukaan panel. Agar nilai tegangan dan daya dapat sesuai dengan kebutuhan beban, panel surya harus dihubungkan secara kombinasi seri dan paralel, dengan aturan sebagai berikut:

- a. Agar tegangan keluaran dapat mencapai dua kalinya dari tegangan keluaran panel surya, maka 2 buah panel surya harus dihubungkan secara seri.
- b. Agar arus keluaran dapat mencapai dua kalinya dari arus keluaran panel surya, maka 2 buah panel surya harus dihubungkan secara paralel.
- c. Agar daya keluaran dapat mencapai dua kalinya dari daya keluaran panel surya dengan tegangan tetap maka dua buah panel surya harus dihubungkan kombinasi (seri dan paralel).

Total daya listrik dari panel surya adalah perkalian antara tegangan operasi dengan arus operasi. Arus dari panel surya dapat dihasilkan dari tegangan yang berbeda-beda. Hal ini berbanding terbalik dengan baterai yang menggunakan tegangan relatif tetap untuk menghasilkan arus. Karakteristik keluaran dari panel

surya bisa dilihat dari kurva performansi, yang disebut *I-V curve*. Kurva *I-V* menunjukkan hubungan antara tegangan dan arus.



Gambar 2. 4 Kurva I-V

Pada gambar 2.4 kurva *I-V* menggambarkan keadaan sebuah sel surya yang beroperasi secara normal. Sel surya akan menghasilkan energi maximum jika nilai  $V_m$  dan  $I_m$  juga maximum. Sedangkan  $I_{sc}$  adalah arus listrik maximum pada nilai volt nol;  $I_{sc}$  berbanding langsung dengan tersedianya sinar matahari.  $V_{oc}$  adalah volt maximum pada nilai arus nol (Sukmajati, 2015).

## 2. Inverter

Merupakan rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengubah tegangan searah (VDC) menjadi tegangan bolak-balik (VAC). Topologi *inverter* yang umumnya digunakan ada bermacam-macam, mulai dari *push-pull inverter* yakni *inverter* yang tegangan keluaran berbentuk kotak bolak-balik dan menyebabkan harmonisa hingga *inverter* yang tegangan keluarannya berbentuk tegangan sinus murni tanpa harmonisa sama sekali. Fasa *inverter* juga bermacam-macam ada yang 1 fasa, 3 fasa bahkan multifasa. Teknik kendali *inverter* yang paling banyak digunakan yakni dengan panelasi lebar pulsa (PWM), dengan metode perbandingan sinyal carrier dengan sinyal referensi (sinusoidal) akan menghasilkan sinyal kontrol pensaklaran. Cara ini mampu membuat nilai frekuensi dan tegangan fundamental mempunyai nilai frekuensi dan sinyal referensi sinusoidal yang sama.



Pemilihan jenis *inverter* dalam perencanaan pembangunan PLTS harus disesuaikan dengan desain PLTS yang akan dibuat, apakah PLTS *On Grid*, *Off Grid* atau *Hybrid*. Pada sistem *On Grid*, *inverter* yang digunakan harus dapat melepaskan hubungan (*islanding system*) ketika *grid* kehilangan tegangan. Sedangkan untuk sistem PLTS *hybrid* digunakan *bi-directional inverter* yakni *inverter* yang mampu mengubah arus dua arah baik dari DC ke AC dan sebaliknya. (Sianipar, 2014)

Menurut Sianipar (2014) hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *inverter* adalah :

- a. Kapasitas *inverter* harus mampu memenuhi beban saat kondisi luar dan waktu beban puncak. Secara umum kapasitas *inverter* 1,2 kali dari beban puncak.
- b. Tegangan masukan *inverter* kira-kira 1,1 – 1,15 dari tegangan hubung singkat *string PV*, hal ini bertujuan agar menghindari kerusakan *inverter* akibat kenaikan tegangan yang disebabkan dari tegangan keluaran panel surya yang naik turun.
- c. Arus masukan *inverter* juga diperkirakan 1,1 – 1,15 dari arus hubung singkat *string PV*. Mengingat bila kondisi matahari yang sangat terik dapat membuat panel surya menghasilkan arus yang cukup besar.
- d. Berdasarkan kualitas daya keluarannya, pilihlah *inverter* yang dapat menghasilkan kualitas daya keluaran sinus murni sehingga seluruh jenis beban mampu tersuplai dengan baik.
- e. Pilih *inverter* dengan sistem komutasi elektronik *Insulated-Gate Bipolar Transistor* (IGBT).
- f. Dilengkapi dengan sistem pengaturan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) yang menggunakan metode (*Pulse Width Modulation*).
- g. Temperatur kerjanya mampu mencapai 45° C atau lebih.



Gambar 2. 5 *Inveter* Ingecon Sun 100TL-400V

*Inverter* yang akan digunakan dalam simulasi penelitian ini adalah Ingecon Sun 100TL-400V, *inverter* yang memiliki kemampuan daya input hingga 145 kW dengan tegangan kerja 570-850 V dan arus maksimum 185 A.

### 2.2.3 Energi Matahari

Indonesia merupakan negara tropis yang terletak di garis katulistiwa yang sepanjang tahunnya dikaruniai sumberdaya energi matahari yang begitu besar. Berdasarkan data dari BMG dan BPPT tercatat bahwa radiasi matahari di Indonesia mencapai kisaran antara 2.5 sampai 5.7 kWh/m<sup>2</sup>. Sejumlah wilayah Indonesia, seperti Jawa Tengah, Papua, Sulawesi Tengah, Bali, Lampung, NTB, dan NTT memiliki radiasi matahari diatas 5 kWh/m<sup>2</sup>. Sedangkan di Jawa Barat, khususnya di Bandung dan Bogor memiliki radiasi matahari sekitar 2 kWh/m<sup>2</sup> dan pada wilayah Indonesia lainnya, rata-rata intensitas radiasi matahari sekitar 4 kWh/m<sup>2</sup>. (Nurrohim, 2012)

### 2.2.4 Rumus Perhitungan pada Sistem PLTS

Perhitungan daya puncak sistem PLTS *On Grid* ditentukan berdasarkan 50% dari beban maksimal yang dibutuhkan penduduk Karimunjawa pada pukul 07.00-17.00 WIB pada tahun 2018, sehingga mendapatkan rumus sebagai berikut:



$$P_{total PV Array} = \frac{P_{max Load} \times 50\%}{t_{rata-rata}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Menurut Al-Shetwi (2016) untuk perhitungan jumlah total panel surya yang di butuhkan dapat diperoleh menggunakan rumus berikut :

$$N_{pv} = \frac{P_{total PV Array}}{P_{max PV}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk menghitung panel surya yang diserikan digunakan rumus sebagai berikut :

$$N_{pvs} = \frac{V_{dc Inverter}}{V_{max PV}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk menghitung panel surya yang *distring*/paralel digunakan rumus sebagai berikut :

$$N_{pvp} = \frac{N_{pv}}{N_{pvs}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

$N_{pv}$	= Banyaknya panel surya
$N_{pvs}$	= Banyaknya panel surya yang dihubung seri
$N_{pvp}$	= Banyaknya panel surya yang dihubung paralel/ <i>string</i>
$P_{total PV Array}$	= Daya puncak sistem PLTS (Wp)
$P_{max Load}$	= Daya beban maksimal (kWh)
$P_{max PV}$	= Daya maksimal panel surya (Wp)
$t_{rata-rata}$	= Rata-rata radiasi matahari dalam 1 tahun (kWh/m <sup>2</sup> /hari)
$V_{dc inverter}$	= Tegangan kerja <i>inverter</i> (V)
$V_{max PV}$	= Tegangan kerja maksimal panel surya (V)

Berdasarkan jumlah panel surya, maka dapat dihitung berapa luas area yang dibutuhkan untuk pemasangan PLTS berdasarkan data dimensi dari panel surya tersebut (Perdana, 2018). Berikut rumus perhitungannya :

$$A_{PV} = \text{panjang modul} \times \text{lebar modul} \dots\dots\dots(2.6)$$

Kemudian menghitung nilai efisiensi dari panel surya sesuai dengan standart test condition (STC), dengan rumus :

$$\eta = \frac{P_{\max PV}}{A_M \times A_{pV}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Setelah dapat efisiensi panel surya, dihitung juga efisiensi keseluruhan dari sistem PLTS. Menurut Badan NREL (2014) faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dari keseluruhan sistem PLTS meliputi kekotoran, naungan, salju penutup, ketidakcocokan, kabel, koneksi, *rating* panel surya dan ketersediaan operasional. Berikut ini rinciannya :

Tabel 2. 1 Efisiensi Keseluruhan Sistem PLTS

<i>Loss Mechanism</i>	<i>Related Derate</i>
<i>Soiling</i>	0,95
<i>Shading</i>	1,0
<i>Mismatch</i>	0,98
<i>Wiring</i>	0,98
<i>AC Wiring</i>	0,99
<i>Connections</i>	0,995
<i>Nameplate rating</i>	0,95
<i>Availability</i>	0,98
<i>Inverter</i>	0,99
<b>Total</b>	<b>0,828</b>

(sumber : *National Renewable Energy Laboratory*)

Berdasarkan tabel 2.1 menjelaskan bahwa efisiensi keseluruhan dari sistem PLTS adalah 82,8 %.

Kemudian setelah luas area, efisiensi panel surya dan efisiensi keseluruhan didapat, maka langkah selanjutnya menghitung perkiraan daya *output* PLTS menggunakan rumus :

$$P_{OUT} = A_{pV} \times \eta \times R_M \times N_{pV} \times \eta_T \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

$A_{pV}$  = Luas area total panel surya ( $m^2$ )

$A_M$  = Luas area penyinaran matahari ( $1000 W/m^2$ )

$P_{OUT}$	= Daya <i>output</i> PLTS (kWh)
$R_M$	= Radiasi matahari (kWh/m <sup>2</sup> /hari)
$\eta$	= Efisiensi panel surya sesuai STC (%)
$\eta_T$	= Efisiensi keseluruhan sistem PLTS (%)

### 2.2.5 Rumus Perhitungan Ekonomi

Pada perhitungan ekonomi ini akan dihitung biaya investasi, *payback periode*, *net present value* dan *internal rate of retrun*. Berikut Rumus-Rumus yang digunakan :

#### 1. Biaya investasi

Adalah modal awal yang dibutuhkan untuk pemasangan PLTS mencakup biaya-biaya seperti : biaya pembelian panel surya, biaya pembelian *inverter*, jasa instalasi dan proteksi, biaya pemeliharaan, biaya pembelian area PLTS. Berikut rumus perhitungannya :

$$C_{PV} = \text{Total panel surya} \times \text{harga} \dots\dots\dots (2.9)$$

Digunakan untuk menghitung biaya pembelian panel surya.

$$C_{INV} = \text{Total } \textit{inverter} \times \text{harga} \dots\dots\dots (2.10)$$

Digunakan untuk menghitung biaya pembelian *inverter*.

$$C_{KER} = (C_{PV} + C_{INV}) \times 25\% \dots\dots\dots (2.11)$$

Digunakan untuk menghitung biaya kerangka panel surya

$$C_{INS} = (800/15) \times \text{Rp. } 60.000.000 \dots\dots\dots (2.12)$$

Digunakan untuk menghitung biaya jasa instalasi dan proteksi dimana acuan tersebut berasal dari penelitian Kossi (2015) yang menyatakan bahwa biaya jasa instalasi dan proteksi per 15kWp adalah Rp. 60.000.000.

$$C_{PM} = 1\% \times (C_{PV} + C_{INV}) \dots\dots\dots (2.13)$$

Digunakan untuk menghitung biaya pemeliharaan panel surya dan *inverter* per tahunnya.

$$A_{total} = (A_c \text{ total panel surya} + A_{INV}) + 15\% \dots\dots\dots (2.14)$$

Digunakan untuk menghitung luas area tanah untuk pemasangan PLTS.

$$C_{AREA} = A_{total} \times \text{harga tanah} \dots\dots\dots (2.15)$$

Digunakan untuk menghitung biaya pembelian tanah untuk area PLTS.

$$C_{TOTAL} = C_{PV} + C_{INV} + C_{PAN} + C_{AREA} \dots\dots\dots (2.16)$$

Total dari biaya investasi pemasangan PLTS.

## 2. Aliran Kas

Adalah aliran sumber-sumber pemasukan dan pengeluaran dari suatu perusahaan, pada penelitian ini arus kas masuk diperoleh dari penjualan listrik hasil dari PLTS yang dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$C_{IN} = P_{OUT} \times \text{Harga listrik} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dan untuk kas keluar berasal dari biaya pemeliharaan peralatan ( $C_{PM}$ ). Sehingga aliran kas dapat dihitung dengan mengurangkan jumlah kas masuk dengan kas keluar, seperti berikut :

$$CF = C_{IN} - C_{OUT} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

$C_{IN}$  = Kas masuk (Rupiah)

$CF$  = Aliran kas (Rupiah)

$C_{OUT}$  = Kas keluar (Rupiah)

$P_{out}$  = Daya *output* PLTS (kWh)

Harga listrik (Rp.1.400/ kWh)

## 3. Payback Periode

Adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian modal investasi melalui kas masuk yang dihasilkan proyek (Kossi, 2015). Kas masuk di sini didapat berdasarkan hasil penghematan biaya konsumsi bahan bakar PLTD. rumus yang digunakan untuk menghitung *payback periode* adalah :

$$PP = C_{TOTAL} / CF \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

$C_{TOTAL}$  = Total biaya *investasi* (Rupiah)

## 4. Net Present Value

Adalah selisih antara pemasukan dan pengeluaran yang sudah terkena potongan harga atas dasar faktor diskonto (Kossi, 2015). Untuk menghitung NPV digunakan rumus berikut :

$$NPV = \sum_i^n \frac{CF}{(1+i)^n} - C_{TOTAL} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

n = lama periode (tahun)

i = suku bunga (%)

dan untuk mempermudah perhitungan digunakan tabel PVIF :

Tabel 2. 2 Tabel PVIF

Tahun	PVIF $i.n = 1 / (1 + i)^n$								
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
1	0,9901	0,9804	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174
2	0,9803	0,9612	0,9426	0,9246	0,9070	0,8900	0,8734	0,8573	0,8417
3	0,9706	0,9423	0,9151	0,8890	0,8638	0,8396	0,8163	0,7938	0,7722
4	0,9610	0,9238	0,8885	0,8548	0,8227	0,7921	0,7629	0,7350	0,7084
5	0,9515	0,9057	0,8626	0,8219	0,7835	0,7473	0,7130	0,6806	0,6499
6	0,9420	0,8880	0,8375	0,7903	0,7462	0,7050	0,6663	0,6302	0,5963
7	0,9237	0,8706	0,8131	0,7599	0,7107	0,6651	0,6227	0,5835	0,5470
8	0,9235	0,8535	0,7894	0,7307	0,6768	0,6274	0,5820	0,5403	0,5019
9	0,9143	0,8368	0,7664	0,7026	0,6446	0,5919	0,5439	0,5002	0,4604
10	0,9053	0,8203	0,7441	0,6756	0,6139	0,5584	0,5083	0,4632	0,4224

(sumber : <http://hoileongchan.blogspot.com>)

Tabel 2.2 menunjukkan hasil dari perhitungan  $PVIF i.n = 1 / (1 + i)^n$  yang ditampilkan dalam tabel tersebut.

### 5. Benefit Cost Ratio

Adalah rasio perbandingan antara pemasukan total sepanjang proyek berlangsung dengan biaya investasi awal. Untuk menghitung BCR digunakan rumus berikut (Ikhsan, 2017) :

$$BCR = \frac{\sum_1^n CF_t}{C_{TOTAL}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

$\sum_1^n CF_t$  = Total kas masuk tahun ke-n (Rupiah)

### 6. Internal Rate of Return

Adalah nilai petunjuk untuk menentukan besar bunga yang dapat di. rumus yang digunakan untuk menghitung IRR adalah (Ikhsan, 2017):

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1) \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

$NPV_1$  = *Net Present Value* dengan bunga lebih kecil (Rupiah)

$NPV_2$  = *Net Present Value* dengan bunga lebih besar (Rupiah)

$i_1$  = bunga pertama dengan persentase lebih kecil (%)

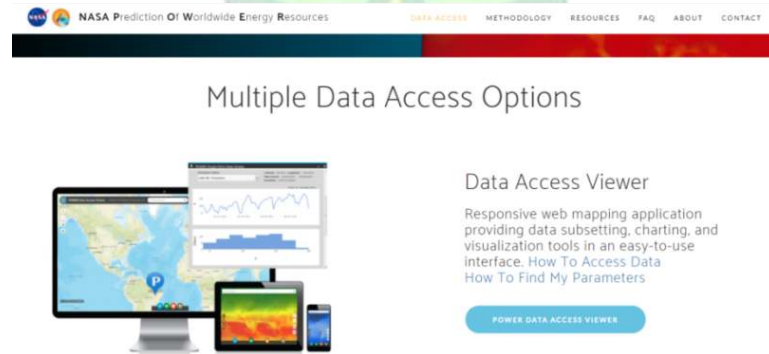
$i_2$  = bunga pertama dengan persentase lebih besar (%)

Adapun kriteria kelayakan suatu proyek dikatakan diterima atau ditolak adalah sebagai berikut (Ikhsan, 2017) :

- a. NPV harus lebih besar dari pada 0
- b. Waktu pengembalian modal (*Payback Periode*) tidak melebihi umur peralatan
- c. BCR harus pada nilai positif
- d. IRR harus lebih besar dari pada 0
- e. Gross B/C Ratio lebih besar dari pada 1.

### 2.2.6 NASA Power

Merupakan website yang dikembangkan oleh badan penerbangan dan antariksa (*National Aeronautics and Space Administration*) yang ditujukan untuk mengetahui data-data di bumi yang berasal dari satelit seperti kecepatan angin, radiasi matahari, temperatur, dan lain sebagainya.



Gambar 2. 6 Tampilan awal NASA Power  
(sumber : <https://power.larc.nasa.gov>)



Pada penelitian ini data yang diambil hanya data radiasi matahari di pulau Karimunjawa yang nantinya digunakan sebagai acuan untuk perhitungan daya *output* PLTS.

### 2.2.7 Software PVSystem

*PVSystem* adalah perangkat lunak aplikasi komputer yang komprehensif untuk sistem surya yang mencakup seperangkat alat untuk mempelajari, mengukur, mensimulasikan dan juga menganalisis data sistem PLTS, dengan tujuan membantu arsitek, insinyur, peneliti, dan bahkan mahasiswa yang tertarik dalam penelitian dan bekerja di bidang ini dirancang.



Gambar 2. 7 Software PVSystem

Perangkat lunak ini mencakup menu bantuan yang sangat rinci yang sepenuhnya menggambarkan model dan metode yang digunakan, sehingga siapa pun dapat memulai proyek dalam lingkungan yang benar-benar ramah pengguna dan intuitif untuk selesai. *PVSystem* akan dapat mengimpor data meteorologi dari berbagai sumber, serta informasi pribadi (secara manual), kemudian menganalisis dan melaporkannya.