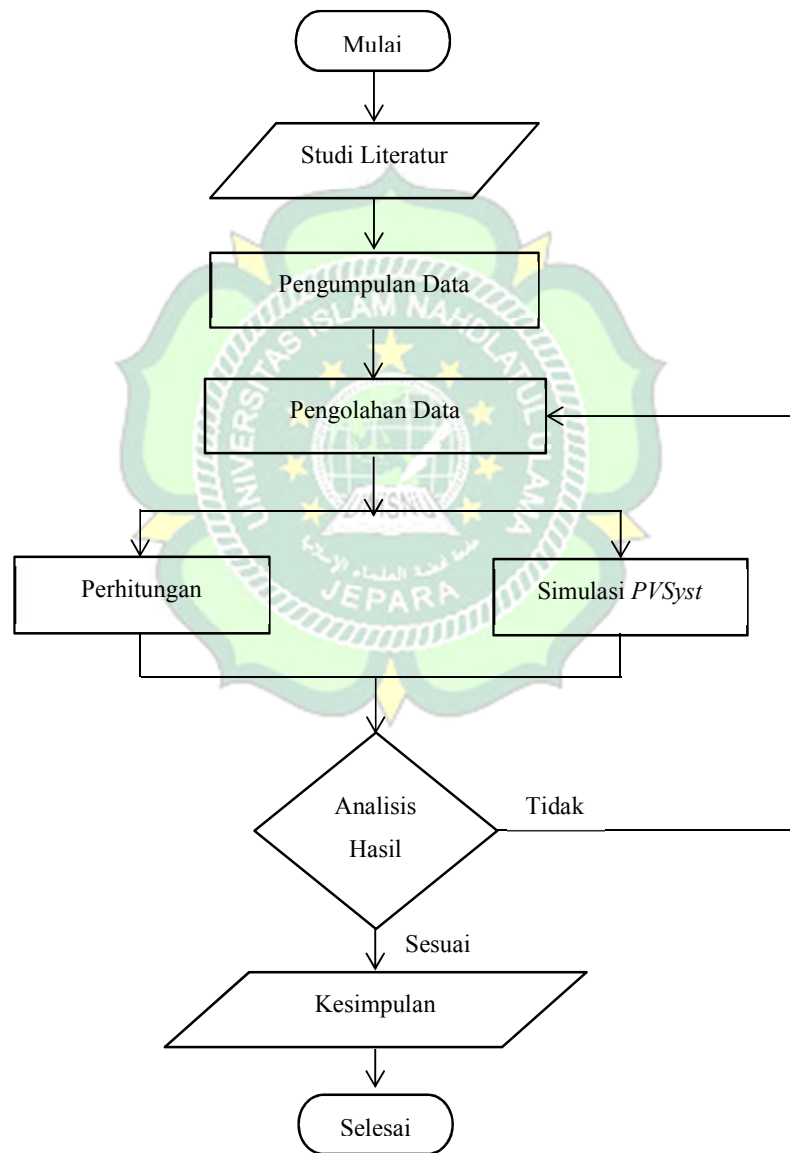


### BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Adapun penjelasan dari diagram alir penelitian pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

### **3.1.1 Studi literatur**

Langkah ini ditujukan untuk mempelajari ilmu yang berkaitan dengan pembangkit listrik tenaga surya yang berupa buku, penelitian terdahulu dan artikel yang berasal dari internet untuk digunakan sebagai acuan dasar dalam penelitian ini. Ada beberapa metode yang dilakukan dalam studi literatur ini diantaranya seperti mengupas, meringkas, menyimpulkan dan membandingkan suatu literatur.

### **3.1.2 Pengumpulan Data**

Setelah melakukan studi literatur langkah selanjutnya yakni pengumpulan data, langkah ini ditujukan untuk mengumpulkan data atau bahan yang nantinya akan diolah, disusun, disajikan dan dianalisis. Ada beberapa metode yang digunakan dalam pengumpulan data yakni studi dokumen, Observasi tidak langsung, akses dari website, dan datasheet peralatan.

### **3.1.3 Pengolahan Data**

Berdasarkan dari data yang telah dikumpulkan, nantinya akan diolah dengan perhitungan menggunakan rumus 2.1 – 2.8 guna menentukan daya puncak PLTS, banyak panel surya, daya keluaran PLTS dan penghematan biaya bahan bakar. Sedangkan untuk perhitungan ekonomi digunakan Rumus 2.9 - 2.22 untuk menentukan biaya investasi agar dapat dianalisa studi kelayakan proyeknya.

### **3.1.4 Simulasi *PVsyst***

Simulasi ini dilakukan guna memprediksi daya *output* dari PLTS dengan menyamakan semua parameter dan peralatan yang digunakan, seperti data radiasi matahari, panel surya dan *inverter* serta akan digunakan sebagai pembanding dari hasil penghitungan.

### 3.1.5 Analisis Hasil

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan simulasi dari *software PVSystem* akan dibandingkan perbedaan daya keluarannya yang disajikan setiap bulan dalam bentuk tabel dan grafik. Sedangkan untuk biaya investasi akan dianalisa studi kelayakannya.

### 3.1.6 Membuat Kesimpulan

Kesimpulan merupakan langkah terakhir dalam penulisan laporan penelitian yang berisi tentang hasil dari perhitungan dan simulasi yang disimpulkan untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini.

## 3.2 Jadwal Penelitian

Adapun rincian jadwal dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Bulan						
	9	10	11	12	1	2	3
Konsultasi Pembimbing							
Studi Literatur							
Pengumpulan Data							
Pembuatan Proposal							
Seminar Proposal							
Penyusunan Laporan							
Sidang Skripsi							
Revisi Laporan							

## 3.3 Data yang Digunakan

Adapun data yang dikumpulkan sebagai bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 3.3.1 Data Beban Karimunjava

Pengumpulan data ini dilakukan dengan metode studi dokumen, berupa laporan kerja dari pembangkit listrik tenaga *diesel* Legon Bajak pada tahun 2018

yang berisi jumlah daya *output* PLTD yang digunakan untuk memenuhi beban listrik penduduk Karimunjawa serta pemakaian dan biaya bahan bakar PLTD. Berikut data beban di Pulau Karimun pada pukul 07.00-17.00 WIB dalam satuan kWh:

Tabel 3. 2 Data Beban Karimunjawa Pukul 07.00-17.00 WIB Tahun 2018

Tgl	Data Beban Karimunjawa (kWh)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	5.180	4.552	4.432	5.671	3.669	5.518	5.692	5.722	6.547	6.234	6.722	6.623
2	4.830	4.800	4.626	5.246	5.691	5.654	6.011	5.369	6.279	6.086	7.070	6.598
3	4.654	4.545	4.939	5.308	5.279	5.508	5.761	5.431	5.688	6.289	7.143	6.795
4	4.489	4.370	4.871	5.397	5.913	5.452	5.687	5.534	5.929	6.151	7.040	5.293
5	4.747	4.336	4.891	5.230	5.706	5.109	5.382	5.448	6.237	6.809	7.020	6.490
6	4.503	4.352	4.847	5.555	1.500	1.014	5.633	5.358	6.119	6.830	6.642	6.794
7	4.339	1.751	4.961	5.293	5.898	5.568	6.106	5.608	6.494	6.722	6.470	7.277
8	4.315	4.422	4.654	4.938	5.732	5.419	5.799	5.630	6.808	6.569	6.542	6.583
9	4.321	4.594	4.900	4.667	5.891	5.603	5.868	5.600	6.743	6.454	6.912	6.866
10	4.379	4.918	5.230	5.181	2.594	5.388	5.828	6.232	6.464	6.453	7.183	6.858
11	4.490	4.829	4.940	5.259	6.159	5.575	5.954	6.080	6.412	6.240	7.230	6.688
12	4.503	4.881	4.979	4.999	6.236	5.604	4.837	1.995	6.401	6.705	6.965	6.714
13	4.349	4.836	4.831	5.438	6.022	5.864	5.761	6.272	6.145	6.549	7.089	6.387
14	4.312	4.930	4.824	6.415	5.648	5.431	5.661	6.066	6.495	6.612	6.989	7.075
15	4.100	4.622	4.662	5.898	5.349	5.114	5.545	6.106	6.580	6.399	6.845	6.595
16	3.888	4.858	5.368	5.193	5.436	6.043	5.449	5.549	6.648	6.432	7.324	7.092
17	3.956	5.220	5.202	5.375	5.223	6.531	5.483	6.302	6.319	6.313	7.727	7.007
18	4.087	4.919	5.306	5.296	5.312	4.880	5.463	6.046	1.563	6.521	7.618	7.120
19	4.292	4.958	5.143	5.187	5.280	5.837	5.353	6.052	6.318	6.902	6.889	7.031
20	4.360	4.682	5.170	5.780	5.322	6.907	5.896	5.902	6.301	7.099	4.724	6.898
21	4.232	4.618	4.978	5.217	5.497	6.088	6.257	5.992	6.780	7.073	6.923	7.366
22	4.110	4.568	4.884	5.245	5.036	6.486	6.111	5.758	6.858	6.913	6.672	<b>7.758</b>
23	4.126	4.579	5.359	5.448	4.948	5.535	6.138	5.740	6.737	7.036	7.196	7.713
24	4.156	4.328	5.377	5.623	5.036	5.777	6.114	6.572	6.714	6.884	7.379	6.909
25	4.072	4.278	5.336	5.268	5.256	5.647	5.942	6.507	6.833	6.824	6.835	4.739
26	4.145	4.283	4.982	5.020	5.323	5.382	5.440	6.259	6.940	2.030	6.541	6.944
27	4.142	4.322	5.206	5.492	5.538	5.486	6.002	6.063	6.610	7.643	6.558	6.693
28	4.069	4.575	4.785	5.658	5.548	5.381	6.191	6.144	7.050	7.513	6.339	7.217
29	4.054	-	4.897	1.177	5.382	6.001	5.322	6.245	7.552	7.381	1.883	7.400
30	4.089	-	5.804	5.793	5.427	6.168	5.668	5.919	7.007	6.858	6.605	6.856
31	4.318	-	6.238	-	5.205	-	5.800	6.589	-	6.912	-	6.562

(sumber : Dokumen laporan kerja PLTD Legon Bajak Tahun 2018 )

Tabel 3.2 menunjukkan beban maksimal saat pagi hari di Karimunjawa yakni pada tanggal 22 Desember 2018 sebesar 7.758 kWh.

Berbeda dengan data beban, untuk data pemakaian bahan bakar solar (*Solar Fuel Consumption*) hanya didapat pada bulan Januari 2018 saja, dikarenakan laporan kerja yang tercatat kurang lengkap. Berikut data SFC dari PLTD Legon Bajak :

Tabel 3. 3 Data *Solar Fuel Consumption* Bulan Januari 2018

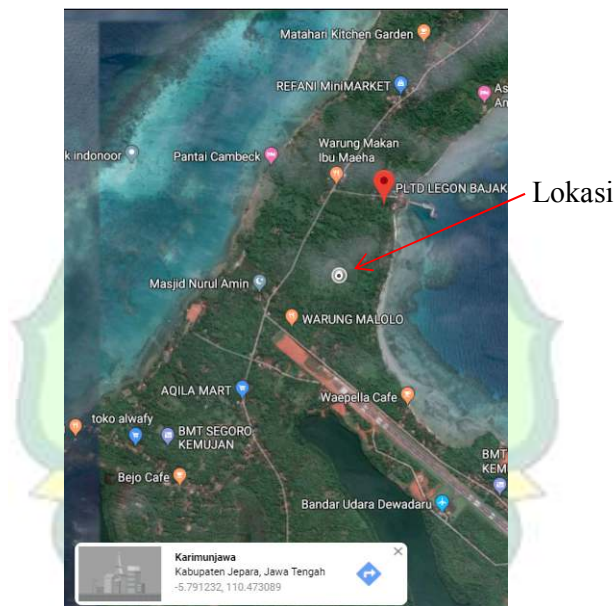
Tgl	SFC (liter/kWh)
1	0,337
2	0,577
3	0,410
4	0,430
5	0,409
6	0,435
7	0,448
8	0,407
9	0,421
10	0,429
11	0,443
12	0,383
13	0,415
14	0,413
15	0,428
16	0,469
17	0,446
18	0,427
19	0,503
20	0,392
21	0,433
22	0,485
23	0,418
24	0,420
25	0,465
26	0,406
27	0,423
28	0,426
29	0,438
30	0,444
31	0,423

(sumber : Dokumen laporan kerja PLTD Legon Bajak Tahun 2018 )

Berdasarkan tabel 3.3 didapat rata-rata SFC yang nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk mengkonversi daya *output* PLTD menjadi banyaknya konsumsi bahan bakar yakni 0,423 liter/kWh.

### 3.3.2 Lokasi PLTS

Penentuan lokasi pemasangan PLTS dilakukan dengan metode observasi tidak langsung, digunakan Google Maps sebagai alat pengakses lokasi.



Gambar 3. 2 Lokasi Perkiraan Pembangunan PLTS

Gambar 3.2 menunjukkan titik lokasi perkiraan pembangunan PLTS, lokasi tersebut merupakan daerah kosong berukuran sangat besar yang ditumbuhi banyak pepohonan dan berada dekat dengan PLTD Legon Bajak, sehingga diyakini akan sangat cocok untuk dibangun PLTS, tepatnya pada koordinat *latitude*  $-5,79^{\circ}$  dan *longitude*  $110,47^{\circ}$ .

### 3.3.3 Data Radiasi Matahari

Pengumpulan data radiasi matahari di Karimunjawa ini dilakukan dengan cara mengakses website NASA *Power* dengan durasi pengambilan data per hari

pada tahun 2018. Berikut rincian data radiasi matahari di Karimunjawa tahun 2018 dalam satuan kWh/m<sup>2</sup>/hari :

Tabel 3. 4 Data Radiasi Matahari di Karimunjawa Tahun 2018

Tgl	Radiasi Matahari (kWh/m <sup>2</sup> /hari)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	4,81	5,05	4,3	6,84	6,29	5,53	5,49	5,57	3,66	6,7	6,79	3,64
2	4,47	4,29	5,67	6,15	5,4	5,6	4,84	5,94	6,41	6,78	6,08	5,54
3	5,14	4,72	5,44	6,77	5,76	5,25	5,23	6,17	6,52	6,78	4,7	3,47
4	5,44	1,52	6	6,7	5,49	5,85	1,32	6,07	6,53	6,64	5,55	4,91
5	3,72	0,95	6,19	6,2	6,33	5,79	5,35	5,88	5,69	5,58	5,84	2,43
6	1,76	1,52	6,84	6,28	6,07	5,56	5,89	6,07	5,96	6,28	2,35	5,65
7	0,72	3,82	5,87	6,25	6,17	5,49	5,64	5,26	5,45	6,3	1,96	6,77
8	5,41	1,36	2,47	4,16	5,9	5,51	5,47	5,47	6,64	6,76	2,58	2,87
9	6,09	2,92	6,91	5,96	5,67	5,51	5,38	6,08	6,65	6,38	5,21	1,93
10	4,78	4,14	6,2	6,38	5,93	5,66	5,53	5,65	6,52	6,9	4,66	6,92
11	3,39	5,39	3,58	6,66	6,04	4,66	5,49	6,16	6,67	6,91	5,6	5,04
12	4,36	4,07	2,49	4,5	5,61	4,16	5,78	6,07	6,47	6,34	4,65	2,06
13	3,93	5,09	1,26	6,58	5,93	4,78	5,65	5,98	6,35	5,9	6,75	1,75
14	2,56	4,1	6,12	6,01	6,05	5,62	5,63	6,06	5,65	4,49	6,37	2,25
15	3,9	1,41	7,06	6,47	1,98	5,56	4,86	6,26	6,37	6,78	6,75	2,19
16	2,77	5,76	6,08	5,72	1,02	5,55	5,84	6,45	6,71	6,52	6,7	3,07
17	2,74	6,93	2,67	6,03	3,01	5,48	5,58	6,52	6,65	6,84	5,6	3,73
18	1,68	6,92	3,24	3,9	1,97	5,64	5,72	6,44	6,1	6,74	3,65	5,8
19	1,03	5,65	6,93	6,32	0,94	5,18	5,72	6,31	3,16	6,63	6,94	5,89
20	4,14	7,11	6,73	5,03	3,15	2,23	5,83	6,22	5,14	6,6	6,38	3,61
21	2,45	6,76	3,24	2,9	4,08	4,65	5,59	6,32	4,54	4,87	5,56	1,73
22	1,45	4,02	1,57	2,13	3,3	5,39	5,46	6,3	6,36	5,68	2,95	1,48
23	3,13	5,05	7,04	2,41	2,83	4,51	5,85	6,35	6,83	6,03	6,54	2,76
24	6,05	1,52	6,59	5,73	0,85	3,68	5,75	6,36	6,84	6,96	4,55	1,5
25	2,23	5,31	5,53	2,08	2,34	1,49	6,06	6,39	6,88	6,91	2,68	1,97
26	4,83	1,1	0,9	6,1	5,36	1,21	6,02	5,7	6,82	6,2	2,3	2,77
27	4,13	5,13	4,61	5,98	2,26	3,78	6,01	6,37	6,83	6,25	5,18	3,51
28	4,9	6,43	3,37	4,11	4,92	4,87	5,94	6,37	6,96	6,57	2,98	5,75
29	6,08	-	6,75	5,93	5,12	4,08	5,34	4,97	6,91	5,12	6,81	5,91
30	3,07	-	5,55	6,13	5,42	5,61	5,58	6,34	6,85	6,76	1,18	5,6
31	5,05	-	6,68	-	5,27	-	5,88	6,44	-	6,51	-	5

(sumber : <https://power.larc.nasa.gov>)



Berdasarkan tabel 3.4 yang menunjukkan data radiasi matahari di Karimunjawa tahun 2018, didapatkan rata-rata radiasi matahari sebesar 5,022 kWh/m<sup>2</sup>/hari.

### 3.3.4 Data Panel Surya

Pengumpulan data panel surya ini dilakukan dengan metode *datasheet* dari panel surya yang akan digunakan pada penelitian ini. Jinko Solar JKM 300M-60 dipilih karena berjenis *monocrystalline solar cell* yang dimilik efisiensi lebih tinggi dari jenis lainnya. Berikut spesifikasi dari Jinko Solar JKM 300M-60 :

Tabel 3. 5 Spesifikasi Jinko Solar JKM300M-60

<i>Maximum Power (Pmax)</i>	300 Wp
<i>Maximum Power Voltage (Vmp)</i>	32, 6 V
<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	9,21 A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	40,1 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	9,72 A
<i>Module Efficiency STC (%)</i>	18,33 %
<i>Operating Temperature (°C)</i>	-40 s/d 85 °C
<i>Power Tolerance</i>	0 s/d 3%

(sumber : *datasheet* panel surya Jinko Solar JKM300M-60)

Berdasarkan tabel 3.5 menjelaskan bahwa panel surya dapat menghasilkan daya maksimal hingga 300 Wp dengan toleransi 0 – 3%, tegangan maksimal yang dihasilkan yakni 32,6 V dengan arus maksimal 9,21 A.

### 3.3.5 Data Inverter

Pengumpulan data *inverter* ini dilakukan dengan metode *datasheet* dari *inverter* yang akan digunakan pada penelitian ini. Ingecon Sun 100TL-400V dipilih karena mampu melepaskan hubungan secara otomatis saat *grid* kehilangan tegangan. Berikut spesifikasi dari Ingecon Sun 100TL-400V :



Tabel 3. 6 Spesifikasi Ingecon Sun 100TL-400V

<b>Input Data</b>		<b>Output Data</b>	
<i>Power Range</i>	101,2–145 kW	<i>Rated AC Power</i>	100 kW
<i>Max DC Power</i>	145 kW	<i>Rated AC Voltage</i>	400 V
<i>Max DC Voltage</i>	1100 V	<i>Max. Temp at rated power</i>	50° C
<i>MPP Voltage Range</i>	450 - 850 V	<i>Rated Frequency</i>	50/60 Hz
<i>Maximum Input Current</i>	185 A	<i>Maximum Output Current</i>	145 A
		<i>Power Factor Adjustable</i>	Yes. $S_{\max} = 100 \text{ KVA}$
			$Q_{\max} = 60 \text{ kVAR}$
		<i>Total Harmonic Distortion</i>	< 3%
<b>Efficiency</b>		<b>Protection</b>	
<i>Maximum Efficiency</i>	99,1 %	<i>Reverse polarity</i>	
<i>Euro Efficiency</i>	98,5 %	<i>Shortcircuits and overloads at the output</i>	
<b>General Data</b>		<i>Anti-islanding with automatic disconnection</i>	
<i>Weight</i>	75 kg	<i>Insulation faults</i>	
<i>Dimension (W/H/D)</i>	7,2/9,05/3,15 mm	<i>AC overvoltages with type 2 surge arresters</i>	
<i>Temperature Range</i>	-25 s/d 60 °C	<i>DC overvoltages with type 2 surge arrester</i>	
<i>Relative Humidity</i>	0 - 100%		

(sumber : *datasheet inverter Ingecom Sun 100TL-400V*)

Berdasarkan tabel 3.6 menjelaskan bahwa *inverter* Ingecom Sun 100TL-400V dapat bekerja dengan suplai tegangan 570-850 V DC dan arus maksimalnya hingga 185 A. Keluaran dari *inverter* ini berupa tegangan AC 400 V dengan frekuensi 50 Hz yang langsung bisa dihubungkan ke jaringan listrik PLN.

### 3.3.6 Data Pendukung

Adapun data pendukung dalam penelitian ini adalah harga solar industri, harga panel surya, harga *inverter*, dan harga tanah. Berikut perinciannya :

#### 1. Harga solar industri

Berdasarkan website <http://solarindustri.co.id> yang menyatakan harga solar 1 liter adalah Rp. 12.449,70

#### 2. Harga panel surya

Harga satu panel surya merk Jinkosolar JKM300M-60 menurut website <https://indonesian.alibaba.com> adalah \$78.00

3. Harga *inverter*

Harga satu buah *inverter* merk Ingecom Sun 100TL-400V menurut website <https://suministrodelsol.com> adalah € 9,100.00

4. Harga tanah

Berdasarkan website <http://olx.co.id> dan <http://rumah123.com> harga tanah per meter di Karimunjawa rata-rata Rp. 500.000.

5. Nilai tukar uang

Menurut website <http://mataf.net> nilai tukar Dolar Amerika dan Euro terhadap Rupiah adalah :

- a. 1 Dolar Amerika = Rp. 13.659
- b. 1 Euro = Rp. 15.155

### 3.4 Langkah-langkah Simulasi *PVSyst*

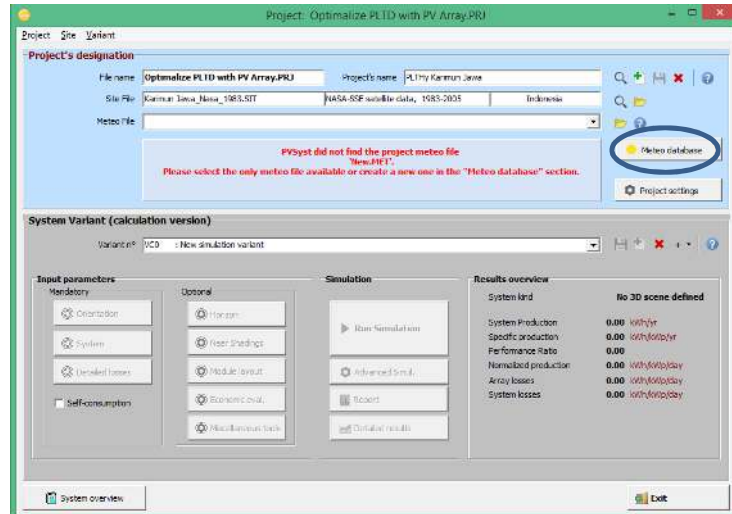
Langkah awal pada simulasi ini adalah memasukan data radiasi matahari di pulau karimun, total daya *output* PLTS, serta panel sel surya dan *inverter* yang digunakan. Kemudian menjalankan simulasi perhitungan. Berikut langkah-langkah detail penggunaan *software PVSyst* :

1. Buka *software PVSyst*, pilih *Project design* kemudian *Grid-Connected*



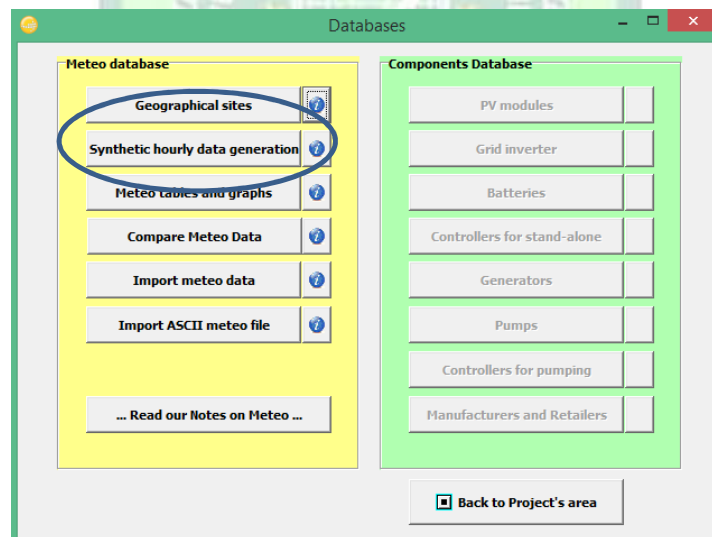
Gambar 3. 3 Tampilan Awal *Software PVSyst*

2. Isi nama file, nama *project*, *site file*. Kemudian klik *meteo database*



Gambar 3. 4 Tampilan *File Project*

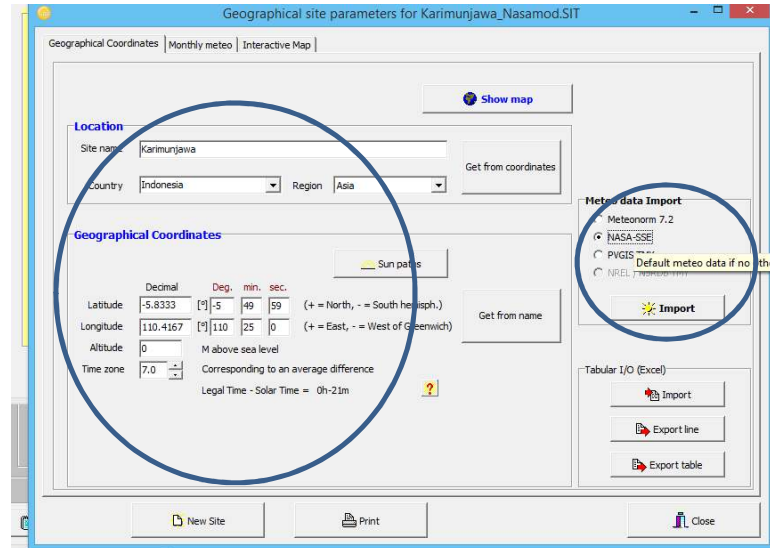
3. Pastikan komputer terhubung akses internet, pilih *Geographical sites*



Gambar 3. 5 Menu Pilihan *Meteo Database*

*Geographical sites* digunakan untuk memasukkan radiasi matahari sesuai titik lokasi, dan *Synthetic hourly data generation* digunakan untuk membua data sintetis per jam.

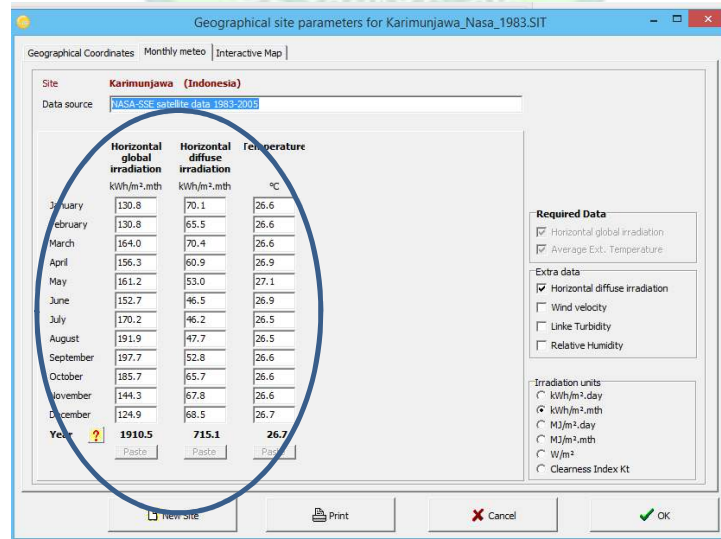
4. Pilih new, kemudian Isi data site, titik *latitude* dan *longitude*.



Gambar 3. 6 Pembuatan Meteo Baru

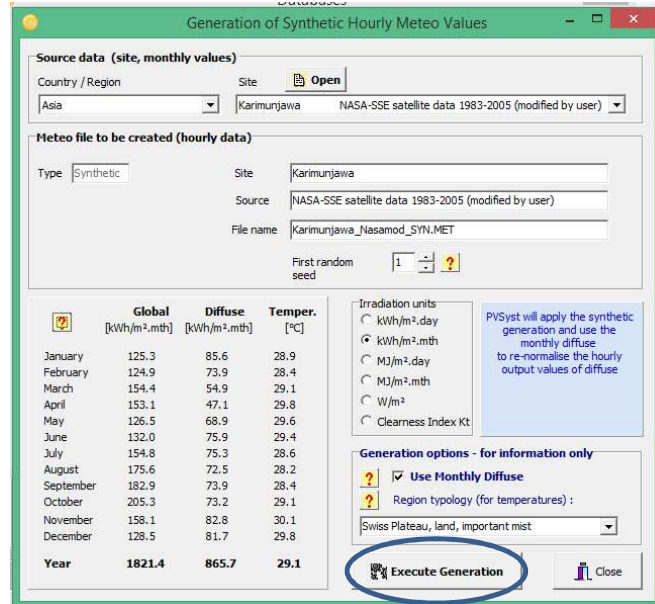
Kemudian pilih data import dari NASA, lalu klik import.

5. Sesuaikan radiasi matahari sama seperti radiasi matahari dari NASA pada tahun 2018



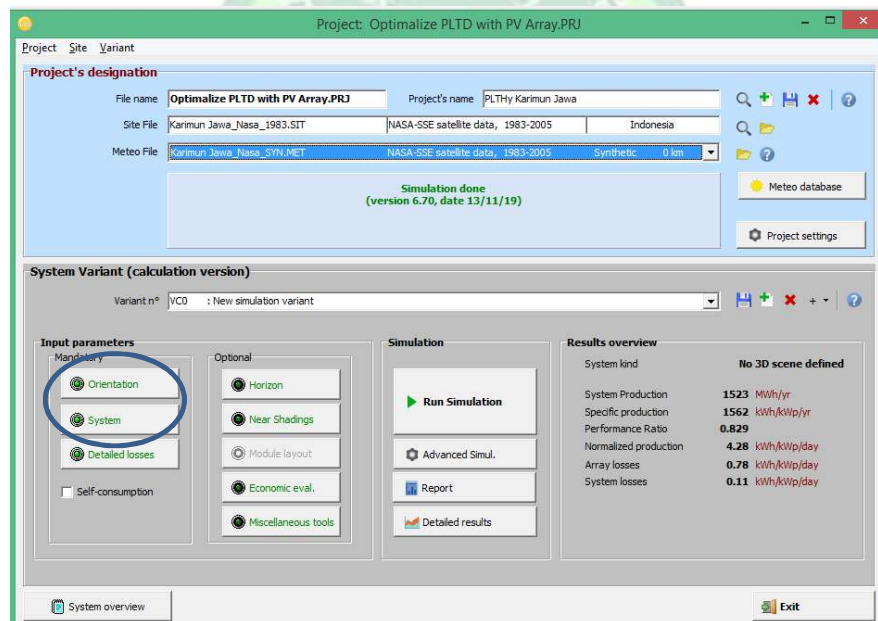
Gambar 3. 7 Pengisian Radiasi Matahari

6. Kemudian pilih *Syntetic hourly data generator*, lalu klik *execute generation*



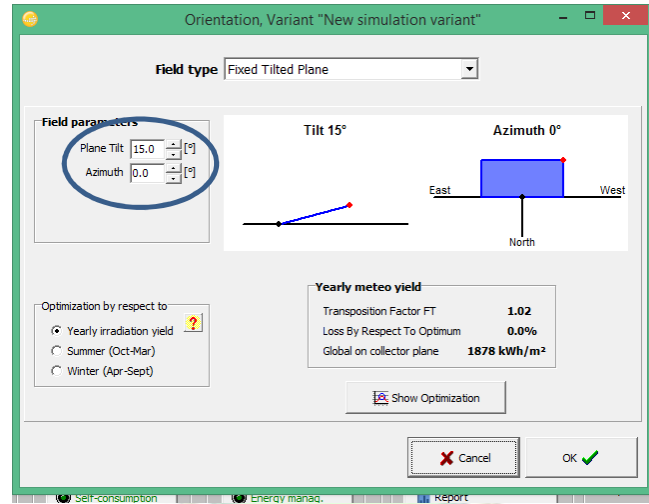
Gambar 3. 8 Mengeksekusi Mateo ke Sistem

7. Setelah mateo terimport maka kita dapat mengakeses *orientation* dan *system*



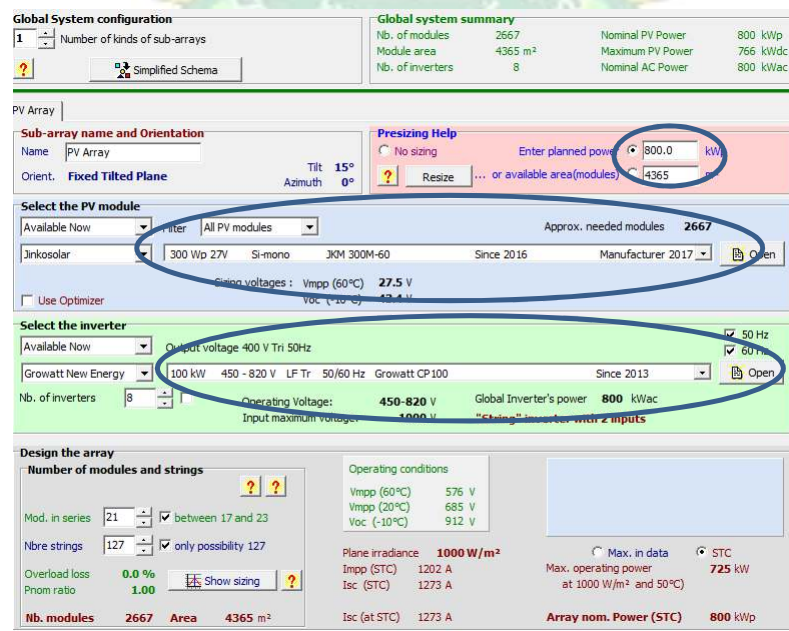
Gambar 3. 9 Tampilan File Project yang Sudah Terisi Meteo Database

8. Pilih *Orientation*, kemudian atur sudut kemiringan dan azimuth.



Gambar 3. 10 Pengatur Sudut Kemiringan dan Azimuth

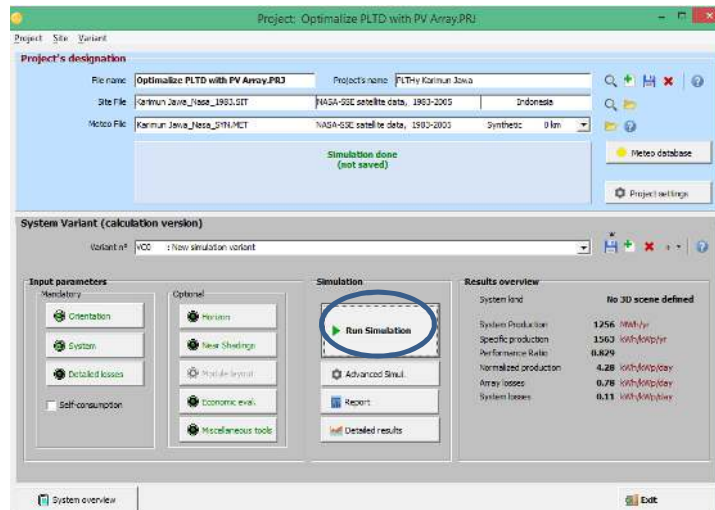
9. Pilih system, untuk mengatur daya *output PV Array*, frekuensi serta jenis panel *PV* dan *inverter*. Untuk *sizing string* secara otomatis akan terisi dengan sendirinya.



Gambar 3. 11 Mengatur Daya *Output*, Jenis Panel *PV* dan *Inverter*

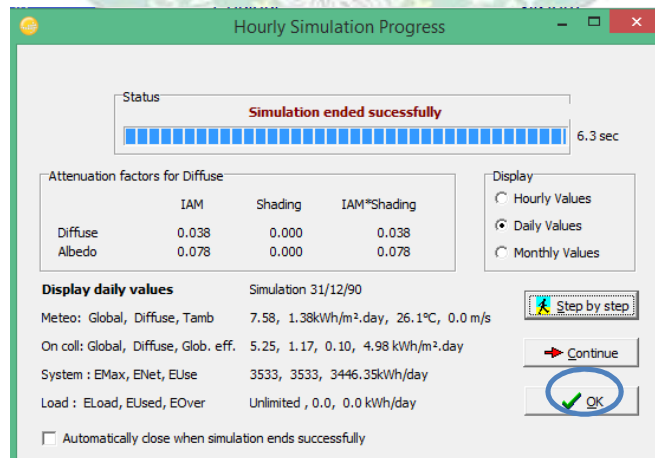


10. Kemudian kita jalankan simulasinya, dengan mengklik *Run Simulation*



Gambar 3. 12 Tampilan File Project Siap Dijalankan

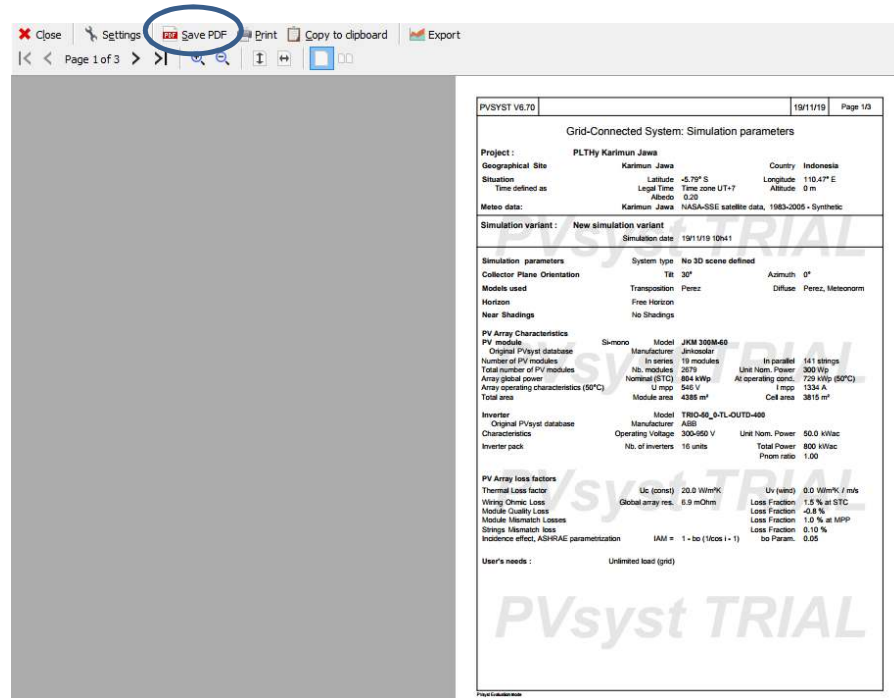
11. Pilih OK dan simpan hasil simulasi.



Gambar 3. 13 Simulasi PVsyst Running



12. Kemudian untuk mengunduhnya dalam bentuk pdf, klik report dan simpan dalam bentuk pdf.



PVsyst v6.70 | 19/11/19 | Page 1/8

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : PLThy Karimun Jawa Country Indonesia

Geographical Site Karimun Jawa Country Indonesia

Situation Latitude -5.79° S Longitude 110.47° E

Time defined as Legal Time Time zone UT+7 Altitude 0 m

Alberto 0.30

Meteo data: Karimun Jawa NASA-SSE satellite data, 1983-2005 - Synthetic

Simulation variant : New simulation variant

Simulation date 19/11/19 10h41

Simulation parameters System type No 3D scene defined

Collector Plane Orientation Tilt 30° Azimuth 0°

Models used Transposition Perez Diffuse Perez, Meteonorm

Horizon Free Horizon

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module Mono Model JKM 300M-46

Manufacturer Jinkosolar

Original PVsyst database In series 19 modules In parallel 141 strings

Number of PV modules Nb. modules 2679 Unit Nom. Power 300 Wp

Total number of PV modules Nominal (STC) 804 kWp Array operating charact. 729 kWp (50°C)

Array global power U mpp 546 V I mpp 1334 A

Array operating characteristics (50°C) Module area 4386 m² Cell area 3816 m²

Total area

Inverter Original PVsyst database Model FR80-66-TL-OUTD-460

Manufacturer ABB

Characteristics Operating Voltage 300-660 V Unit Nom. Power 50.0 kWac

Inverter pack Nb. of inverters 16 units Total Power 800 kWac

Prop. ratio 1.00

PV Array loss factors

Thermal Loss factor Lic (const) 20.0 W/m²K Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s

Global array res. 6.9 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

Wiring Ohmic Loss Loss Fraction <0.8 %

Module Quality Loss Loss Fraction 1.0 % at MPP

Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.10 %

Strings Mismatch loss Loss Fraction 0.10 %

Incidence effect, ASHRAE parameterization IAM = 1 - bn (1cos θ + 1) Iso Param. 0.05

User's needs : Unlimited load (grid)

Gambar 3. 14 Hasil Simulasi PVsyst