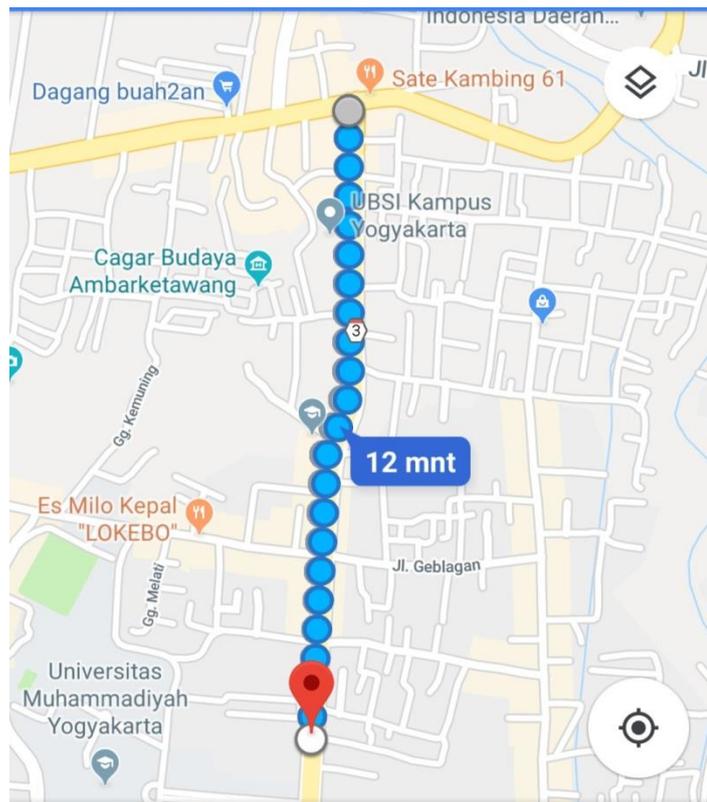


BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di sepanjang jalan Ringroad Selatan dengan batas dimulai dari lampu apil Gamping yang terletak di Ambarketawang, Gamping Sleman, Yogyakarta sampai depan gerbang utama Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan jarak 1 km. Pengamatan pada lokasi tersebut dilakukan untuk mengetahui potensi energi surya dan angin yang nantinya untuk pembangkit listrik tenaga hibrid untuk kebutuhan Penerangan Jalan Umum (PJU). Selain itu dilakukan peninjauan secara langsung untuk mengetahui pola beban listrik yang digunakan oleh Penerangan Jalan Umum (PJU) di lokasi penelitian.



12 mnt (1,0 km)

Gambar 4.1. Jalan Ringroad Selatan 1 km

(www.google.com/maps)

4.2. Data Beban

Pada data beban ini, data yang diambil hanya data beban PJU (Penerangan Jalan Umum) sepanjang 1 km. Data beban diambil dengan metode pengamatan dan perhitungan secara manual di lokasi penelitian yaitu dengan menghitung jumlah lampu sepanjang 1 km. Metode pengamatan dan perhitungan secara manual ini dilakukan di lokasi bertujuan agar mendapatkan informasi yang lebih akurat tentang penggunaan energi listrik di lokasi penelitian.

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan secara manual didapatkan total 29 titik tiang dengan rincian setiap tiang terdapat 2 lampu, jadi total terdapat 58 lampu pada lokasi penelitian. Lampu yang terdapat di lokasi penelitian ada 2 jenis lampu yaitu lampu jenis LED dan lampu Sodium dengan daya masing masing 100 watt untuk lampu jenis LED dan 120 watt untuk lampu jenis Sodium. Berikut rician dalam bentuk tabel:

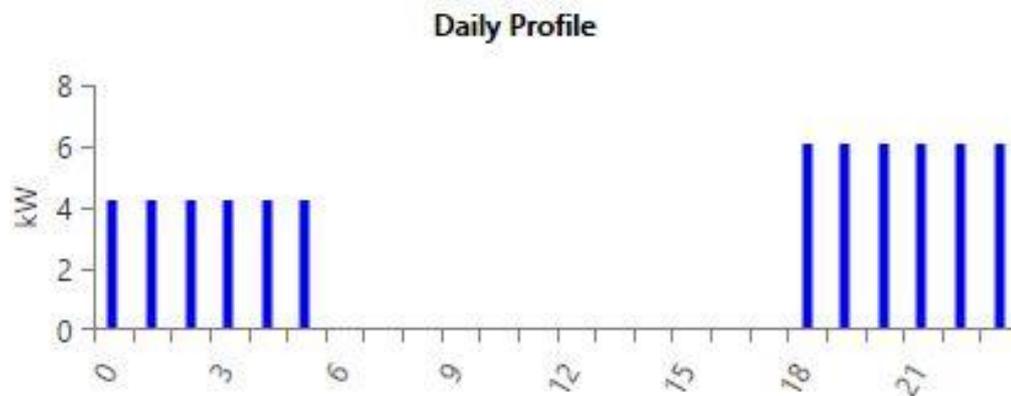
Tabel 4.1 Rincian Jumlah PJU

Jenis Lampu	Jumlah Titik/Tiang	Jumlah Lampu
LED 100 Watt	22	44
Sodium 120 Watt	7	14
Jumlah	29	58

Dari hasil pengamatan dan wawancara kepada narasumber (Maintenance PU) diketahui bahwa rata-rata penggunaan atau pemakaian listrik yang digunakan oleh Lampu PJU yaitu kurang lebih selama 12 jam, dimulai dari pukul 18.00 WIB sampai 06.00 WIB. Survei penggunaan lampu PJU atau pola beban yang telah dilakukan di lokasi penelitian bertujuan digunakan sebagai acuan kapasitas sebuah sistem pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sebagai sumber energi Lampu PJU. Berikut tabel rata rata pemakain energi listrik dalam 1 hari untuk kebutuhan lampu PJU pada lokasi penelitian:

Tabel 4.2 Konsumsi listrik PJU rata rata harian

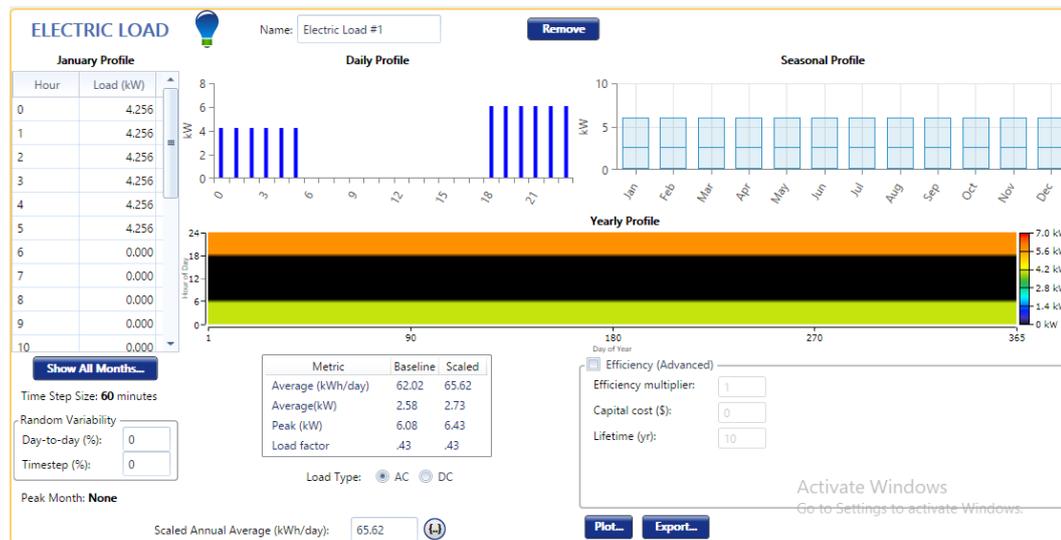
Waktu (WIB)	Rata-rata (kW)
00.00 - 01.00	4.256
01.00 - 02.00	4.256
02.00 - 03.00	4.256
03.00 - 04.00	4.256
04.00 - 05.00	4.256
05.00 - 06.00	4.256
06.00 - 07.00	0
07.00 - 08.00	0
08.00 - 09.00	0
09.00 - 10.00	0
10.00 - 11.00	0
11.00 - 12.00	0
12.00 - 13.00	0
13.00 - 14.00	0
14.00 - 15.00	0
15.00 - 16.00	0
16.00 - 17.00	0
17.00 - 18.00	0
18.00 - 19.00	6.080
19.00 - 20.00	6.080
20.00 - 21.00	6.080
21.00 - 22.00	6.080
22.00 - 23.00	6.080
23.00 - 00.00	6.080
Jumlah	62.016



Gambar 4.2 Grafik Konsumsi Listrik Harian

Lampu PJU menyala selama 12 jam yaitu dimulai dari pukul 18.00 – 06.00 WIB. Dari grafik pada gambar 4.2 diatas dapat disimpulkan terjadi beban puncak selama 1 kali dalam sehari. Beban puncak tersebut terjadi dari pukul 18.00 – 00.00 WIB, hal tersebut dikarenakan lampu PJU mulai dinyalakan pada waktu tersebut. Untuk pukul 00.00 – 06.00 WIB grafiknya menurun, hal tersebut dikarenakan pada waktu tersebut terjadi penurunan daya sekitar 30% dari daya awal. Penurunan tersebut karena lampu PJU menggunakan sistem PJU Smart yang setiap mulai pukul 00.00 WIB terjadi penurnan daya.

Dalam *software* Homer terdapat sistem yang dapat mengakomodasikan beban listrik setiap bulan. Profil beban listrik di sepanjang 1 km jalan Ringroad Selatan Yogyakarta adalah beban primer yang digunakan untuk mensimulasikan beban listrik sepanjang tahun.



Gambar 4.3 Perancangan Beban di Homer

Pada simulasi di Homer, beban yang dibutuhkan berupa data daya aktif, lalu untuk *random variability* menggunakan 0% untuk *day to day* dan 0% untuk *time to step*, hal tersebut dikarenakan penggunaan beban lampu PJU tetap setiap hari, tidak seperti penggunaan pada perumahan. Hasil yang didapat pada gambar diatas yaitu jumlah energi yang digunakan perhari sebesar 62.02 kWh/ hari, dengan rata rata beban 2.58 kW dan beban puncak yang mungkin terjadi sebesar 6.08 kW dalam satu tahun. Sehingga *load factor* merupakan perbandingan antara rata rata beban dan beban puncak.

4.3. Potensi Energi Surya

Data radiasi matahari didapatkan melalui bantuan dari *software* homer. Homer dapat mendapatkan data tersebut karena homer terhubung dengan NASA. Cara mendapatkan data tersebut yaitu dengan memasukan titik koordinat tempat penelitian di homer dan menyesuaikan zona waktu sesuai dengan zona Indonesia. Secara otomatis dengan menghubungkan ke jaringan internet didapatkan hasil data radiasi matahari selama setahun.

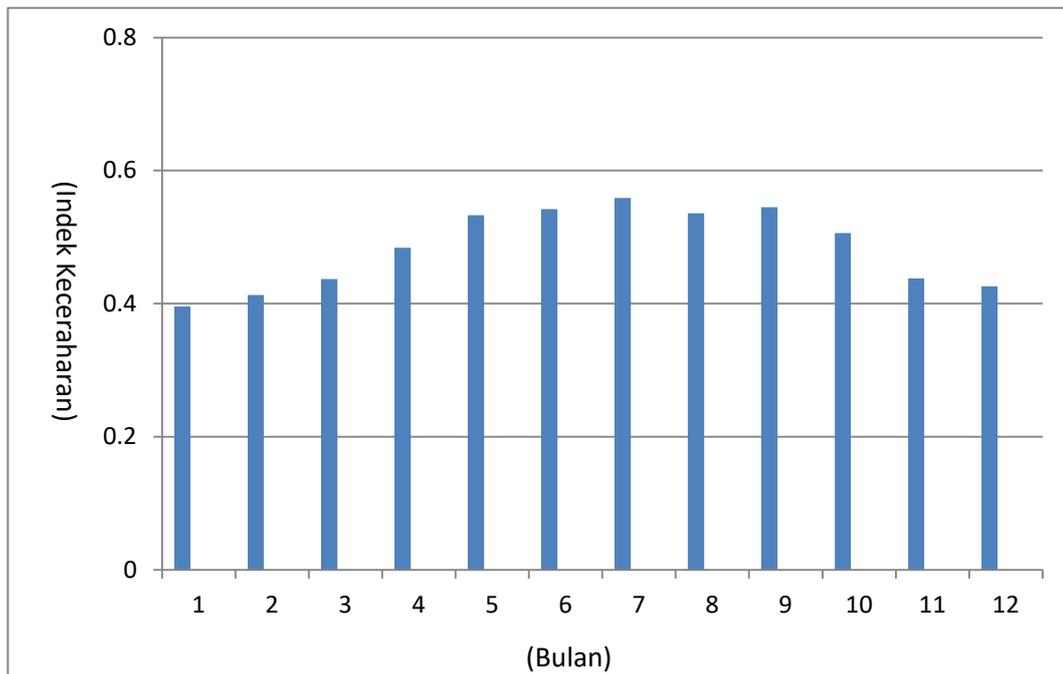
Data ini diperlukan untuk melakukan optimasi pada sistem PLTS. Data tersebut yaitu data *clearnes index* (indek kecerahan) dan *daily radiation* (radiasi

harian matahari) selama satu tahun. Dari homer didapatkan data potensi energi surya untuk PLTS dengan indek kecerahan rata rata sebesar 0.486 dan radiasi harian matahari rata rata sebesar 4.8 kWh/m²/d. Berikut tabel data radiasi matahari dari *software* homer:

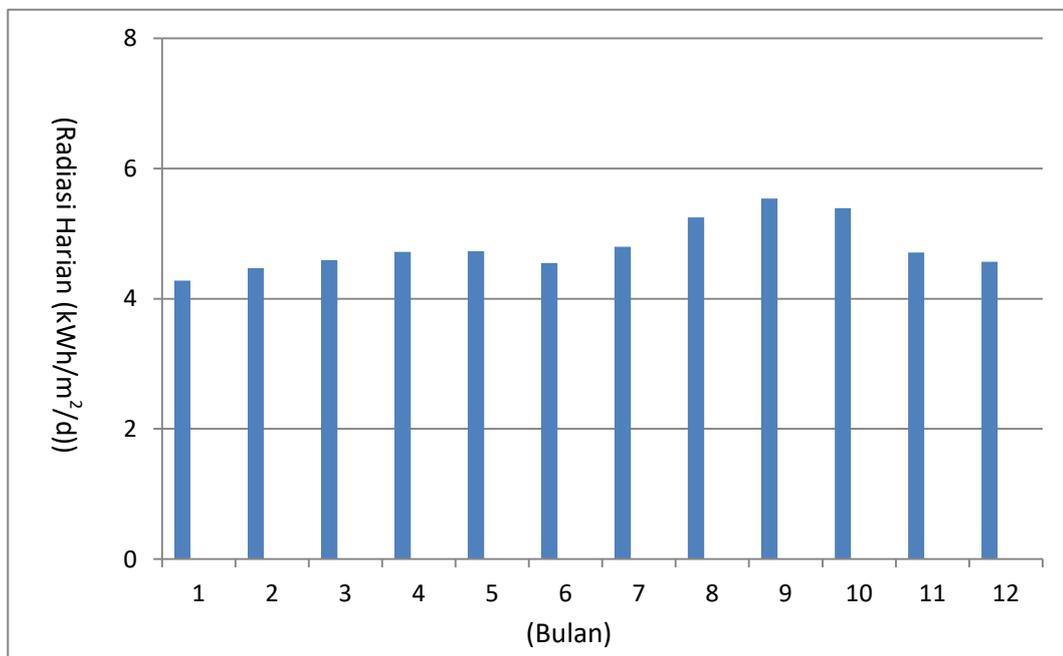
Tabel 4.3 Radiasi Matahari per Bulan di Jalan Ring Road Selatan Yogyakarta

(Sumber: *Solar Resource Input Homer*)

Bulan	Indek Kecerahan	Radiasi Harian (kWh/m ² /d)
Januari	0.396	4.280
Februari	0.413	4.470
Maret	0.437	4.590
April	0.484	4.720
Mei	0.533	4.730
Juni	0.542	4.550
Juli	0.559	4.800
Agustus	0.536	5.250
September	0.545	5.540
Oktober	0.506	5.390
November	0.438	4.710
Desember	0.426	4.570
Rata-rata	0.486	4.8



Gambar 4.4 Grafik *Clearnes Index*/Indek Kecerahan



Gambar 4.5 Grafik *Daily Radiation*/Radiasi Harian

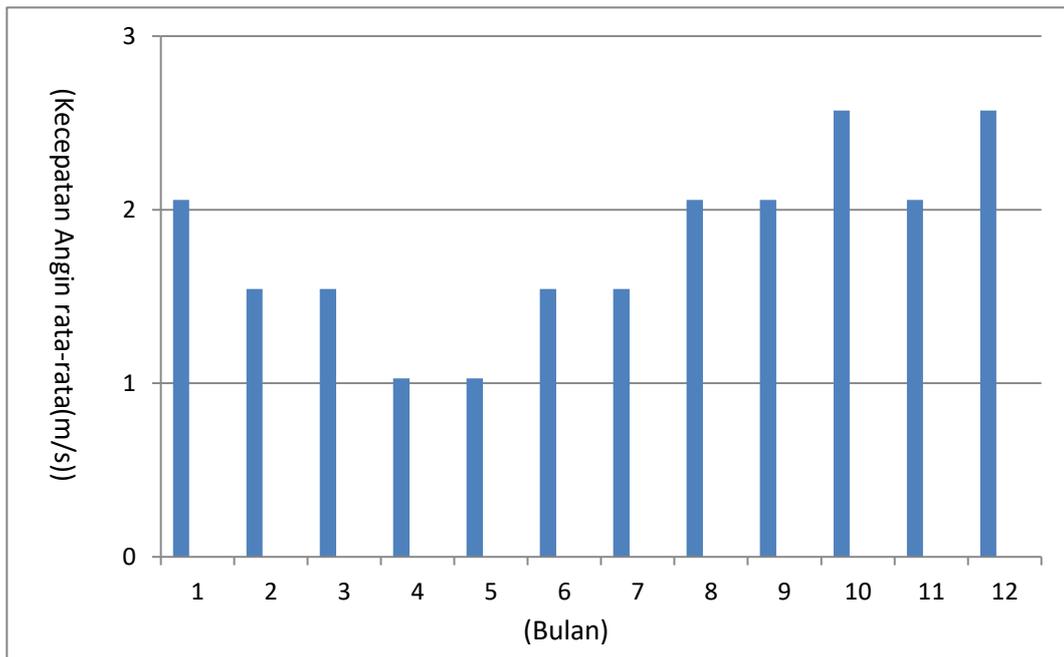
4.4. Potensi Energi Angin

Data kecepatan angin yang berada di wilayah Jalan Ringroad Selatan Yogyakarta diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Yogyakarta yang bertempat di Jl. Kabupaten Km 5.5 Duwet, Sendangadi, Mlati, Sleman, D. I Yogyakarta. Berikut ini tabel data kecepatan angin rata rata selama satu tahun di tahun 2018:

Tabel 4.4 Kecepatan angin rata-rata perbulan tahun 2018

(Sumber: BMKG Stasiun Klimatologi Yogyakarta)

Bulan	Kecepatan angin rata-rata (Knot)	Kecepatan angin rata-rata (m/s)
Januari	4	2.0577
Februari	3	1.5433
Maret	3	1.5433
April	2	1.0288
Mei	2	1.0288
Juni	3	1.5433
Juli	3	1.5433
Agustus	4	2.0577
September	4	2.0577
Oktober	5	2.5722
November	4	2.0577
Desember	5	2.5722



Gambar 4.6 Grafik Kecepatan Angin Rata-rata

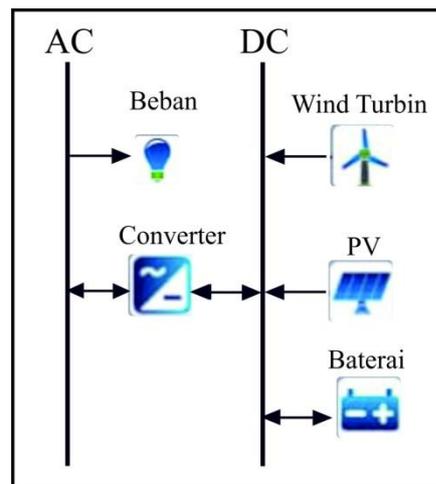
Dari data diatas dengan kecepatan angin rata rata seperti tabel 4.4, potensi energi angin pada wilayah Jalan Ringroad Selatan Yogyakarta sebagai pembangkit listrik tenaga angin sebenarnya kurang cocok. Hal tersebut dikarenakan rata rata *wind* turbin yang dijual dipasaran hanya dapat memutar dengan kecepatan minimal 2 m/s sampai 3 m/s. Untuk itu diperlukan pemilihan *wind* turbin yang dapat berjalan sesuai dengan kondisi angin yang ada, sehingga dapat bekerja dan menghasilkan daya dengan kecepatan angin yang rendah.

4.5. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrid yang memanfaatkan sumber energi terbarukan dan dalam hal ini adalah energi angin dan surya dapat dirancang/pemodelan melalui komputer. *Software* Homer merupakan *software* yang mampu melakukan pemodelan sistem pembangkit dalam skala kecil yang optimal dengan mempertimbangkan kebutuhan beban dan sumber energi yg tersedia. Pada simulasi di homer dapat didapatkan analisa tentang beban

terpasang, kelayakan teknis, daya yang dihasilkan yang didasarkan pada konfigurasi sistem yang tepat.

Pada perancangan ini terdapat beberapa komponen yang dapat digunakan dalam sistem PLTH ini yaitu beban primer, wind turbin, PV, converter dan baterai. Berikut ini gambar pemodelannya:



Gambar 4.7 Model Simulasi PLTH dengan Homer

4.5.1. Desain PV

Pada perancangan desain PV di homer terdapat beberapa inputan yang harus dimasukkan diantaranya yaitu kapasitas PV dan harga PV. Pada desain PV ini menggunakan PV jenis mono-crystalline. Pemilihan tersebut dikarenakan jenis ini yang memiliki efisiensi paling besar pada intensitas cahaya. Berdasarkan data intensitas cahaya dilokasi penelitian, maka pemilihan desain PV ini cocok pada kondisi tempat lokasi.

PV  Name: CanadianSolar MaxPower (Abbreviation: CS6U-3

Properties
 Name: CanadianSolar MaxPower CS6U-340M
 Abbreviation: CS6U-340M
 Panel Type: Flat plate
 Rated Capacity (kW): 0.34
 Temperature Coefficient: -0.41
 Operating Temperature (°C): 45.00
 Efficiency (%): 17.49
 Manufacturer: Canadian Solar
[Data Sheet for CS6U-340M](#)
 Notes:
 72 Mono-crystalline cells.

PV
 Capacity (kW): 0.340
 Capital (\$): 290.00
 Replacement (\$): 290.00
 O&M (\$/year): 0.00
 Lifetime
 time (years): 25.00
 More...

Site Specific Input
 Derating Factor (%): 88.00

MPPT | Advanced Input | Temperature

Consider temperature effects?
 Using ambient temperature defined in the temperature resource.

Temperature effects on power (%/°C): -0.410
 Nominal operating cell temperature (°C): 45.00
 Efficiency at standard test conditions (%): 17.49

Activate Win
 Go to Settings t

Gambar 4.8 Desain perancangan PV pada Homer

Panel surya/PV yang dipilih berkapasitas 340 Watt dengan harga \$ 290 dengan biaya pergantian diasumsikan besarnya sama dengan biaya pembelian. Hal ini dikarenakan jika terjadi kerusakan pada panel surya maka komponen panel surya akan diganti semua. Data harga dan spesifikasi panel surya ini didapatkan dari website resmi tempat penjualan panel surya dengan alamat web <https://www.canadiansolar.com/en/solarPanels/detail/31>. Menurut perusahaan tersebut diklaim umur produksi untuk panel surya adalah seumur hidup panel surya yaitu 25 tahun. Jadi *lifetime* panel surya pada homer diisi 25 tahun, dengan pengertian setiap 25 tahun panel surya harus diganti.

Tabel 4.5 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi	Keterangan
Nominal Max. Power (Pmax)	340 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.9 V

Tabel 4.5 Spesifikasi Panel Surya (lanjutan)

Spesifikasi	Keterangan
Short Circuit Voltage (Isc)	9.62 A
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Max System Voltage	1000 V
Max Series Fuse	15 A
Weight	22.4 kg
Dimension	1960 x 992 x 35 mm

4.5.2. Desain *Wind Turbin*

Pada perancangan desain *wind turbin* ini di homer terdapat beberapa inputan yang harus dimasukkan diantaranya yaitu biaya per unit *wind turbin*, kecepatan angin per bulan, dan ketinggian. Dalam menentukan jenis turbin harus memperhatikan beberapa factor yaitu cuaca dan kecepatan angin rata-rata dilokasi tersebut. Pada lokasi penelitian kecepatan angin rata ratanya yaitu 1.8005 m/s, maka pemilihan turbin harus memiliki star-up dibawah rata rata kecepatan angin tersebut. Pada desain ini digunakan wind turbin jenis vertical tipe TSA300W. Hal ini dikarenakan *wind turbin* TSA300W ini mampu menggerakkan turbin dengan kecepatan rendah yaitu minimal 1 m/s, selain itu wind turbin jenis ini dapat menangkap kecepatan angin dari segala arah.



Gambar 4.9 *Wind Turbin* TSA300Watt
(Sumber: <http://www.energi-alam.com>)

Tabel 4.6 Spesifikasi *Wind Turbin* TSA300Watt

Star-up wind speed	1 m/s
Rated wind turbin	13 m/s
Max. design wind speed	65m/s
Rated output	300 W
Type	Wind Power Generator
Diameter	1.09 m
Weight	26 kg
Temperature range	-40 ° C - 80 ° C
Output	48 VDC
Generator Type	Generator Maglev

Wind Turbin TSA300Watt memiliki beberapa fitur diantaranya:

- Gear yang kuat dan tahan kerusakan
- Perawatan yang mudah
- Bearing tahan lama tidak perlu penambahan oli
- Magnetik Lebitasi Desain: mengurangi resistensi rotasi untuk meningkatkan pembangkit listrik serta memperpanjang umur turbin
- Tidak ada mekanisme gulung yang diperlukan: memungkinkan untuk output daya setiap kecepatan angin
- Langsung berkerja: Memperpanjang masa aktif produk
- Lempengan Kincir Angin dapat berputar pada kecepatan angin yang sangat rendah dari 1 m/s
- Menghemat ruang putaran kincir angin
- Bentuk konstruksi yang kokoh dan kuat

WIND TURBINE  Name: Abbreviation:

Properties

Name: **TSA**
 Abbreviation: **TSA/300watt**
 Rated Capacity (kW): **0.3**
 Manufacturer: **TSA**
[Brochure for TSA](#)

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$785.00	\$550.00	\$0.0
Click here to add new item			

Multiplier:

Site Specific Input

Lifetime (years): Hub Height (m): Consider ambient temperature effects?

Gambar 4.10 Desain perancangan *wind* turbin pada Homer

Pada desain perancangan *wind* turbin dipilih turbin tipe TSA/300W dengan harga \$ 785, harga ini didapatkan dari web <http://www.energi-alam.com>. Untuk biaya *replacement* sebesar \$ 550, harga ini didapatkan dari 70% dari harga investasi. Hal ini dikarenakan jika *wind* turbin terjadi kerusakan tidak semua komponen diganti, akan tetapi masih ada beberapa komponen yang bisa digunakan. Untuk *lifetime* diisi selama 25 tahun, hal ini karena perusahaan mengklaim *wind* turbin mampu bekerja selama 25 tahun.

4.5.3. Desain Converter

Pada desain converter ini terdapat beberapa inputan yang harus dimasukkan diantaranya yaitu spesifikasi dan harga. Pada desain ini dipilih inverter jenis DC ke AC. Inverter yang digunakan inverter model CPT5000, inverter ini dijual di situs www.alibaba.com dengan harga \$ 288.



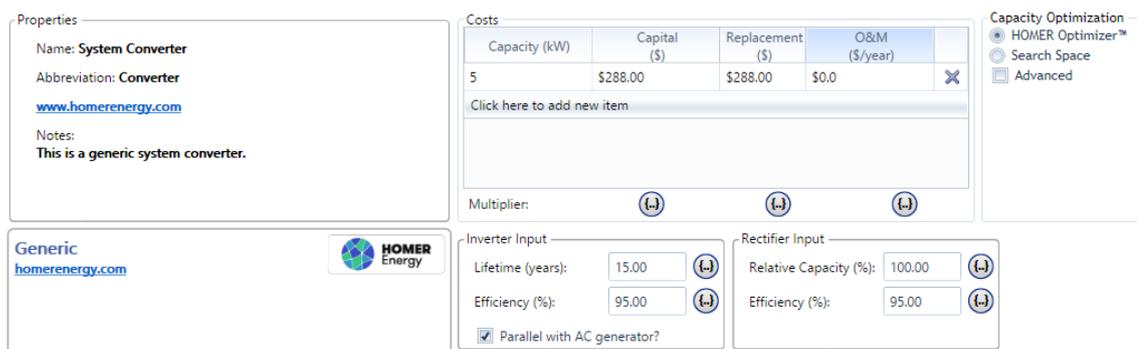
Gambar 4.11 Inverter CPT5000

(Sumber: www.alibaba.com)

Tabel 4.7 Spesifikasi Inveter CPT5000

Model	CPT5000
Output Power	5000 W
DC Input Voltage	24/48VDC
Output Voltage	220/230/240VAC \pm 3%
Output Frequency	50/60Hz \pm 0.5%
Efficiency	95%
Charge Current	70 A
Type	DC/AC Inverter
Weight	33 kg
Size	650*255*195 cm

Pada biaya *replacement* sama dengan biaya investasi/pembelian yaitu sebesar \$ 288, hal ini dikarenakan jika terjadi kerusakan pada inveter maka akan diganti semua. Kemudian untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.12 Desain perancangan inveter pada Homer

4.5.4. Desain Baterai

Pada desain baterai ini terdapat beberapa inputan yang harus dimasukkan diantaranya yaitu harga baterai dan baterai per string. Baterai yang digunakan

adalah baterai tipe Surrette 6 CS 25P, baterai ini dijual dengan harga \$ 1170 di <http://www.rollsbattery.com/>.



Gambar 4.13 Baterai Surrette 6 CS 25P
(Sumber: <http://www.rollsbattery.com/>)

Tabel 4.8 Spesifikasi Baterai Surrette 6 CS 25P

Part Number	6 CS 25P
Capacity	820 Ah
Voltage	6 V
Dimensions	22x11.25x18.25 cm

Pada perancangan baterai dimasukkan inputan pada homer dengan harga beli sebesar \$ 1170, sedangkan *replacement* sama dengan harga sama dengan harga beli, dikarenakan apabila baterai rusak diganti dengan yang baru. Untuk inputan O&P (Operasional dan Perawatan) memiliki harga 0, karena pada baterai perawatannya hanya berupa pengukuran baterai saja. Selanjutnya untuk per string ialah baterai akan disusun secara seri untuk menghasikan tegangan output yang akan disalurkan ke inverter. Baterai ini memiliki tegangan normal 6 Volt dengan kapasitas 820 Ah. Pada perancangan di homer digunakan dalam satu string terdapat 4 baterai sehingga menghasilkan tegangan ouput 24 Volt, 24 Volt ini

sesuai dengan spesifikasi yang akan diterima oleh inverter. Untuk lebih jelasnya lihat gambar berikut ini:

Batteries			
Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	1,170.00	1,170.00	0.00

Lifetime		More...
time (years):	20.00	[↔]
throughput (kWh):	6,879.60	[↔]

Quantity Optimization	
<input checked="" type="radio"/>	HOMER Optimizer™
<input type="radio"/>	Search Space
<input type="checkbox"/>	Advanced

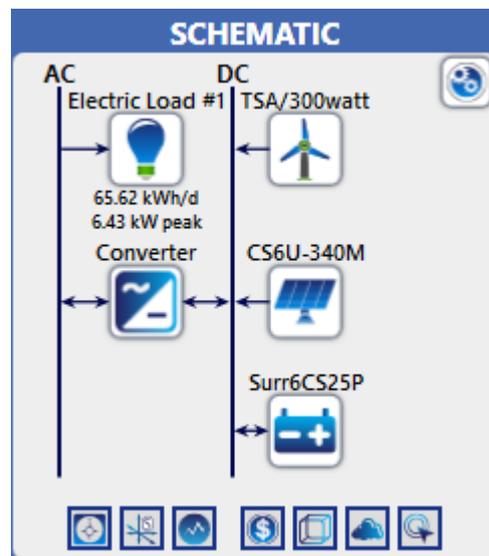
Site Specific Input	
String Size:	4 Voltage: 24.000000000000000000 V
Initial State of Charge (%):	100.00 [↔]
Minimum State of Charge (%):	40.00 [↔]
<input checked="" type="checkbox"/> Minimum storage life (yrs):	5.00 [↔]

Gambar 4.14 Desain perancangan baterai pada Homer

4.6. Analisis dan Konfigurasi Optimasi Sistem Pembangkit Listrik

Setelah memasukan beberapa inputan tiap desain dan data *resources*, berupa kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari, maka selanjutnya akan mencari konfigurasi teroptimal pembangkit. Pada software homer ini akan menghasilkan konfigurasi teroptimal pembangkit sehingga menghasilkan konfigurasi yang dapat memenuhi kebutuhan beban secara optimal. Simulasi ini akan mengasilkan beberapa rincian diantaranya yaitu ukuran kapasitas, produksi listrik, biaya modal awal, total NPC dan biaya energi per kWh (COE).

4.6.1. Hasil Konfigurasi dan Pecancangan Pembangkit



Gambar 4.15 Hasil Pecancangan Pembangkit di Homer

Gambar diatas merupakan hasil pecancangan pembangkit pada homer berdasarkan inputan desain dan data *resources*. Terdapat dua sumber energi yaitu angin dan surya, sumber angin dengan *wind* turbin TSA dan sumber surya dengan PV CS6U-340M. Kemudian homer akan megkalkulasikan hasil konfigurasi optimal, berikut hasil konfigurasi teroptimal:

RESULTS

Sensitivity Cases
Left Click on a sensitivity case to see its Optimization Results.

Architecture				Cost				System		CS6U-340M			
CS6U-340M (kW)	TSA/300watt	Surr6CS25P	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (\$)	Production (kWh/yr)	Capital Cost (\$)
40.5		52	7.12	CC	\$124,752	\$0.403	\$2,237	\$95,828	100	0	34,578	58,872	

Export... Export All... Compare Economics... Column Choices...

Optimization Results
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.

Architecture				Cost				System		CS6U-340M		TSA/300	
CS6U-340M (kW)	TSA/300watt	Surr6CS25P	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (\$)	Production (kWh/yr)	Capital Cost (\$)
40.5		52	7.12	CC	\$124,752	\$0.403	\$2,237	\$95,828	100	0	34,578	58,872	
43.5	1	48	9.12	CC	\$126,025	\$0.407	\$2,432	\$94,585	100	0	37,114	63,189	785
	311	72	27.0	CC	\$342,185	\$1.11	\$948.08	\$329,929	100	0			244,135

Export... Categorized Overall

Gambar 4.16 Hasil kalkulasi konfigurasi homer

Pada kalkulasi diatas didapatkan hasil teroptimal yaitu dengan nilai NPC terkecil. NPC ialah nilai sekarang dari semua biaya pemasangan dan pengoperasian komponen, dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan yang dihasilkan selama masa proyek. Sedangkan *Cost of energy* (COE) adalah biaya rata rata per kWh dari energi listrik yang dihasilkan oleh sistem.

Hasil terbaik yang didapatkan adalah yang terblog warna biru. Hasilnya yaitu dengan spesifikasi PV 40.5 kW, 52 buah baterai, dan converter 7.12 kW (tanpa turbin). Sedangkan hasil terbaik jika menggunakan turbin adalah dengan spesifikasi PV 43.5 kW, 1 buah turbin, 48 buah baterai, dan converter 9.12 kW. Untuk lebih jelasnya lihat tabel perbandingan berikut ini:

Tabel 4.9 Perbandingan hasil konfigurasi sistem optimal

Data Parameter	Konfigurasi 1	Konfigurasi 2
PV (kW)	40.5	43.5
Wind turbin (Unit)	0	1
Baterai (Unit)	52	48
Converter (kW)	7.12	9.12
Initial Capital (\$)	95,828	94,585
Operating cost (\$/thn)	2,237	2,432
Total NPC (\$)	124,752	126,025
COE (\$/kWh)	0.403	0.407

Tabel diatas merupakan perbandingan hasil konfigurasi antara menggunakan *wind* turbin dan tanpa menggunakan *wind* turbin. Terdapat beberapa perbedaan antara kedua konfigurasi. Pada nilai total NPC (Biaya pengeluaran dikurangi surplus) yang paling rendah adalah tanpa menggunakan turbin. Namun untuk COE harga rata rata per kWh lebih besar jika menggunakan *wind* turbin.

4.6.2. Analisa Konfigurasi Teroptimal

Hasil ini didapatkan setelah memasukan inputan yang dibutuhkan oleh sistem homer. Didapatkan hasil teroptimal yaitu tanpa menggunakan *wind* turbin, hal ini diakarenakan, disamping biaya total yang lebih besar, penyebab lainnya adalah kondisi potensi energi angin di Jalan Ringroad Selatan Yogyakarta yang kurang bagus. Kecepatan rata rata angin dalam satu tahun sebesar 1.8005 m/s, sedangkan kecepatan yang dibutuhkan rata rata *wind* turbin yang dijual dipasaran sebesar 2 sampai 3 m/s. Maka untuk merancang sistem teroptimal di lokasi penelitian harus menggunakan *wind* turbin dengan star up rendah.

Wind turbin yang digunakan dalam perancangan ini adalah TSA/300w yang membutuhkan kecepatan 13 m/s untuk mencapai keluaran daya yang optimal. Namun TSA/300w ini memiliki star up paling rendah diantara yang lainnya yaitu 1 m/s untuk mengsilkan energi listrik.

Quantity	Value	Units	Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	0.300	kW	Minimum Output	0	kW
Mean Output	0.0216	kW	Maximum Output	0.160	kW
Capacity Factor	7.20	%	Wind Penetration	0.790	%
Total Production	189	kWh/yr	Hours of Operation	6,882	hrs/yr
			Levelized Cost	0.321	\$/kWh

Gambar 4.17 Hasil Produksi wind turbin TSA/300w

Pada hasil produksi diatas dapat dilihat bahwa output yang dihasilkan oleh *wind* turbin sangat kecil. Maksimum output yang dapat dibangkitkan cuma sebesar 0.169 kW, itu pun terjadi diwaktu tertentu dan jarang terjadi selama satu tahun, karena kecepatan angin yang tidak menentu dan tidak stabil. Dari hasil simulasi PLTH total produksi dari *wind* turbin sebesar 189 kWh/thn (produksi 0.29% dari seluruh total pembangkit) sedangkan PV menghasilkan 63,189 kWh/thn (produksi 99.7% dari seluruh total pembangkit). Sedangkan jika menggunakan PV tanpa menggunakan *wind* turbin, maka hasilnya 58,872 kWh/thn (produksi 100% dari seluruh total pembangkit).

Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
CanadianSolar MaxPower CSU-340M	63,189	99.7	AC Primary Load	23,932	100
TSA	189	0.29	DC Primary Load	0	0
Total	63,379	100	Deferrable Load	0	0
			Total	23,932	100

Gambar 4.18 Produksi listrik *wind* turbin dan PV

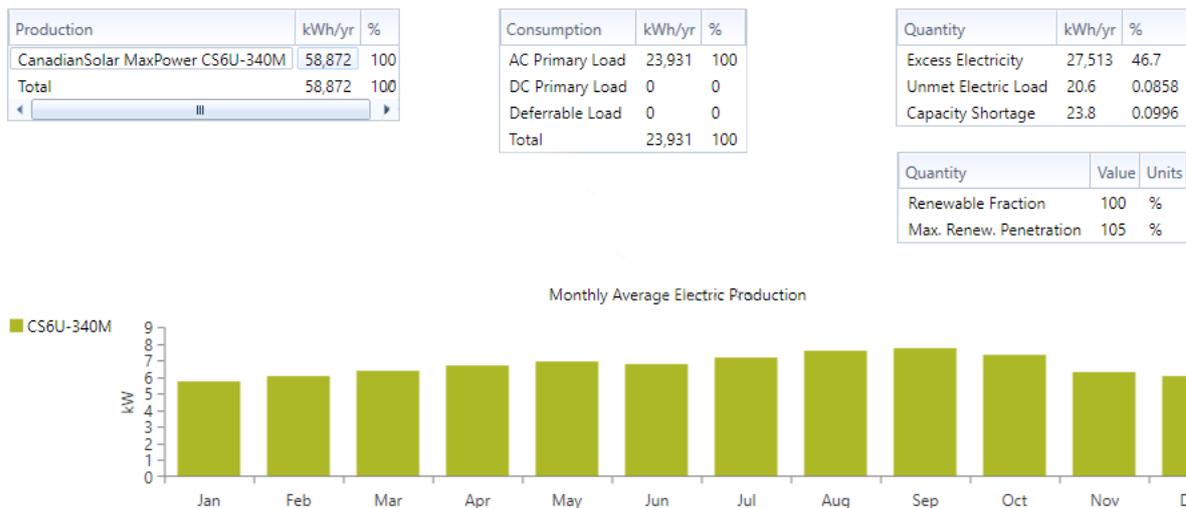
Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
CanadianSolar MaxPower CSU-340M	58,872	100	AC Primary Load	23,931	100
Total	58,872	100	DC Primary Load	0	0
			Deferrable Load	0	0
			Total	23,931	100

Gambar 4.19 Produksi listrik PV

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa listrik yang dibutuhkan selama satu tahun sebesar 23,932 kWh/thn. Sedangkan produksi listrik yang dapat dibangkitkan sebenarnya cukup menggunakan PV saja sebesar 58,878 kWh/thn. Berdasarkan sistem konfigurasi teroptimal adalah tanpa menggunkankan *wind* turbin, disamping nilai total NPC yang rendah, energi yang dihasilkan pun cukup untuk memenuhi kebutuhan beban.

4.6.3. Hasil Pembangkit Teroptimal

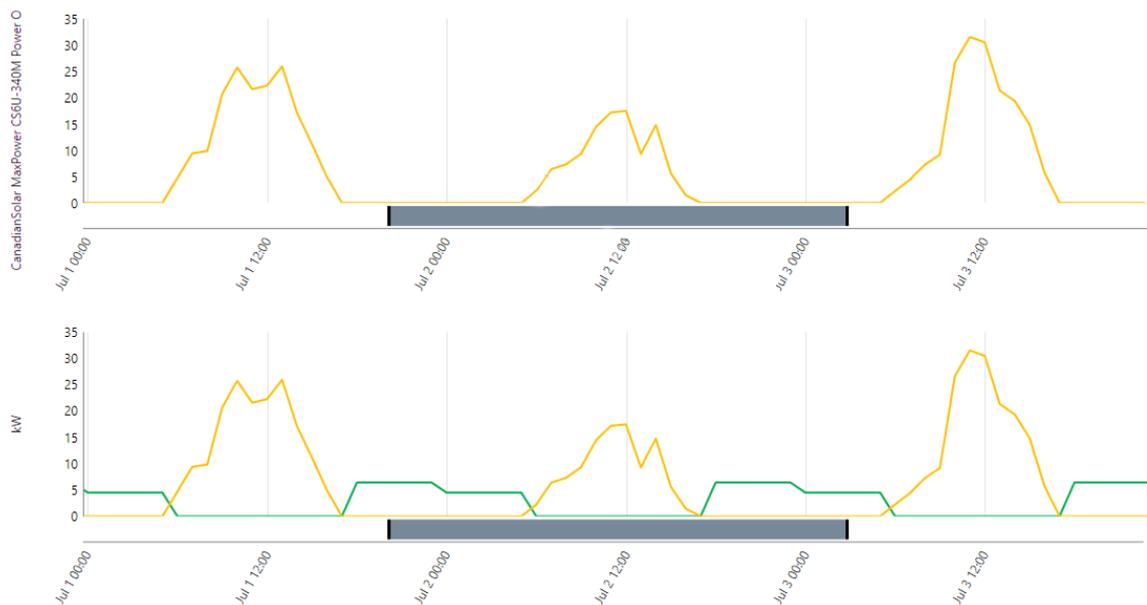
Hasil yang teroptimal yang didapatkan setelah melakukan kalkulasi adalah menggunakan pembangkit yang bersumber PV 40.5 kW, 52 buah baterai, dan converter 7.12 kW. Kemudian dari hasil ini dapat dilihat juga hasil kelistrikan yang berupa produksi listrik, konsumsi beban, dan kuantitas. Berikut hasil kelistrikan pembangkit teroptimal:



Gambar 4.20 Hasil kelistrikan pembangkit teroptimal

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa produksi listrik yang dihasilkan sebesar 58,872 kWh/thn yang merupakan produksi 100% dari PV Canadian Solar Max Power CS6U-340M. Sedangkan konsumsi listrik diketahui sebesar 23,931 kWh/thn. Itu artinya terdapat kelebihan energi listrik sebesar 27,513 kWh/thn atau sekitar 46.7% yang tidak digunakan.

Pada gambar diatas terdapat juga grafik yang menunjukkan bahwa hasil energi listrik yang dihasilkan oleh PV tidak selalu sama setiap bulan. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari bergantung pada cuaca atau musim, karena musim kemarau dan hujan dapat mempengaruhi intensitas cahaya matahari, yang dimana itu adalah sumber energi yang dipakai oleh PV. Dapat dilihat bahwasanya pada saat musim hujan produksi listrik yang dihasilkan tidak sebesar pada saat musim kemarau. Akan tetapi walaupun produksi menurun saat musim hujan kebutuhan listrik tetap terpenuhi.



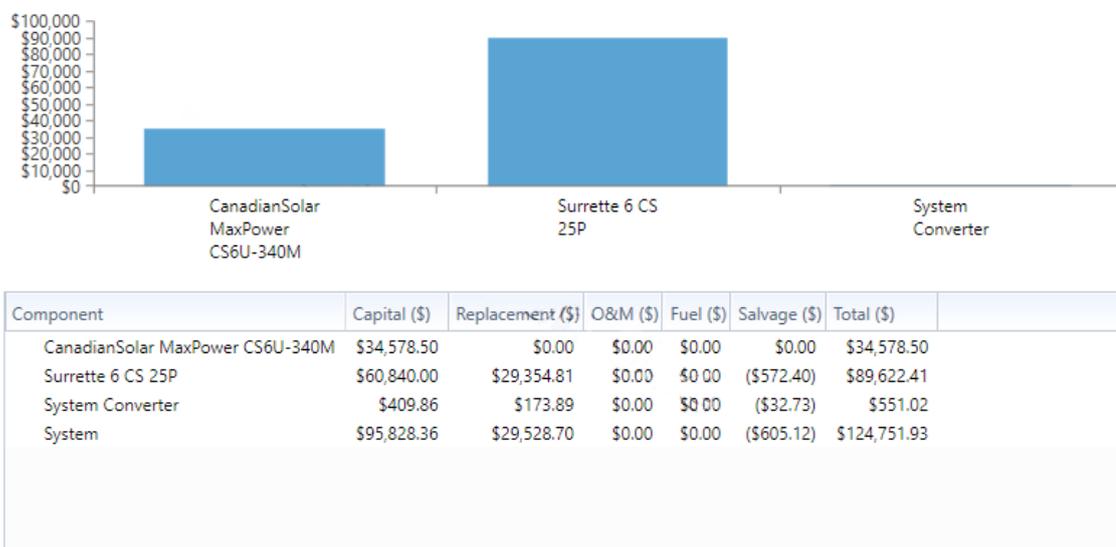
Gambar 4.21 Grafik produksi listrik dan konsumsi beban

Pada gambar diatas produksi listrik oleh PV yang bergaris warna kuning, sedangkan yang bergaris warna hijau adalah konsumsi beban. Dapat dilihat pada grafik menunjukkan bahwa produksi listrik terjadi mulai pukul 06.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB. Sedangkan untuk konsumsi listrik untuk PJU terjadi dari mulai pukul 18.00 WIB sampai 06.00 WIB. Jadi pada saat melakukan produksi listrik tidak ada konsumsi listrik.

Maka dari itu diperlukannya penyimpanan energi listrik yaitu sebuah baterai. Hal ini bertujuan agar pada saat PV melakukan produksi listrik pada siang hari dapat disimpan dan digunakan pada saat malam hari, karena pada saat malam hari PV tidak melakukan produksi. Keluaran dari baterai adalah tegangan DC maka dari itu diperlukan inverter yang bertugas mengkonversikan tegangan DC ke AC untuk kemudian digunakan untuk mensuplay beban PJU.

4.7. Biaya Sistem Pembangkit Listrik Teroptimal

Setelah melakukan inputan pada setiap desain berupa biaya komponen, penggantian operasional dan perbaikan, maka pada hasil kalkulasi di homer akan menghasilkan rincian seluruh biaya dalam sistem pembangkit. Pada biaya sistem pembangkit teroptimal ini, homer akan menghitung jumlah tiap komponen yang dibutuhkan oleh sistem lalu akan dikalikan dengan harga tiap komponen tersebut. Dibawah ini adalah biaya tiap komponen dan biaya keseluruhannya.



Gambar 4.22 Hasil rincian biaya keseluruhan

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa modal awal untuk pembuatan sistem pembangkit listrik sebesar \$ 95,828.36 (Rp 1.341.597.040,00) dengan rincian biaya untuk PV sebesar \$ 34,578.50 (Rp 484.099.000,00), biaya baterai sebesar \$ 60,840.00 (Rp 851.760.000,00) dan biaya converter sebesar \$ 409.86 (Rp 5.738.040,00). Adapun biaya apabila terjadi kerusakan atau penggantian

sebesar \$ 29,528.70 (Rp 4.134.018.000,00) dengan rincian biaya untuk penggantian baterai sebesar \$ 29,354.81 (Rp 410.967.340,00) dan penggantian converter sebesar \$ 172.89 (Rp 2.420.460,00). Adapun biaya harga jual keseluruhan setelah dipakai sebesar \$ 605.12 (Rp 8.471.680,00) dengan rincian untuk baterai sebesar \$ 572.40 (Rp 7.383.600,00) dan converter sebesar \$ 32.73 (Rp 458.220,00).

Jadi total nilai NPC (*Net Present Cost*), nilai dari seluruh biaya pembangkit yang beroperasi selama 25 tahun dikurangi harga jual/pendapatan adalah sebesar \$ 124,751.93 (Rp 1.746.527.020,00). Nilai kurs dolar yang digunakan pada konversi ini adalah senilai Rp 14.0000,00 setiap \$ 1.00.