

Rancang Bangun Sistem Pemantauandan Analisis Jam Efektif Matahari Terhadap Pohon Surya Menggunakan Jaringan TCP/IP di Universitas Brawijaya

Muhammad Rahma Arif¹, Soeprpto², R. Arief Setyawan³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : rahmaarifelektro@gmail.com

ABSTRAK

Pohon surya adalah PLTS bersistem *off-grid* yang panel surya nya di pasang sedemikian rupa membentuk seperti pohon dimana panel surya terletak diatas dan terhubung dengan tiang pancang sedangkan MPPT dan baterai diletakkan di bawah. Pohon surya ini digunakan untuk penerangan jalan umum yang jauh dari jangkauan listrik. *Pemantuan* pohon surya sangat perlu untuk kelangsungan keberadaan pohon surya tersebut. Setiap bagian mulai dari panel surya, baterai, beban lampu ada baiknya dapat di *Pemantuan* secara *real time*. Adapun sarana *pemantuannya* menggunakan jaringan TCP/IP yang terhubung perangkat *access point* untuk pemantuan dengan jangkauan yang cukup jauh. Peletakan posisi pohon surya dan jumlah jam efektif matahari sangatlah berperan penting dalam proses konversi energinya. Selain itu pengaturan pemakaian beban juga perlu diperhatikan, sehingga apabila terjadi lampu PJU padam maka kita dapat mengetahui penyebabnya mulai dari perangkat kerasnya hingga pengisian baterainya

Kata kunci— pohon surya, off-grid, pemantuan, TCP/IP, jam efektif

ABSTRACT

Solar tree is applying off-grid solar power that its solar panels installed in such a way to form like a tree which is located above the solar panels and connected with the pile while MPPT and battery is placed under. The solar tree is used for street lighting that have long distance with the electricity. Pemantuan solar tree is very necessary for the sustainability of the solar tree. Each section ranging from solar panels, batteries, light load it is better able in the pemantuan in real time. As a means of pemantuan the network using TCP / IP-connected device is an access point for pemantuan to reach far enough. Laying of the solar tree position and the number of effective hours of sun is very important in the process of converting its energy. Besides setting the load consumption also need to be considered, so that in case the lights go out PJU then we can know its causes ranging from hardware to charging the batteries

Keyword— solar tree, off grid, pemantuan, TCP/IP, effective hours of sun

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi seiring berkembangnya teknologi dan bertambahnya waktu akan semakin meningkat. Listrik yang dahulu hanya digunakan sebagai penerangan kini digunakan untuk hampir semua kebutuhan manusia [1]. Energi listrik dapat dihasilkan dengan banyak cara salah satunya dari cahaya matahari. Cahaya matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan PV. Saat ini sudah banyak penggunaan PV sebagai penerangan jalan umum (PJU) hal tersebut dapat dipicu karena jauhnya akses jaringan listrik untuk menjangkau area tersebut dan juga untuk penghematan akan listrik.[2]

Universitas Brawijaya memiliki PJU yang menggunakan PV yang dibentuk menyerupai pohon, sehingga PJU tersebut dinamakan pohon surya. Perawatan sangatlah penting untuk menjaga keberadaan lampu pohon panel surya tersebut tetap ada. Parameter-parameter yang terdapat pada sistem PV ini antara lain tegangan, arus, dan daya. Parameter itulah yang berperan penting terhadap efisiensi dan umur dari pohon panel surya nantinya.

Sehingga *Pemantuan* pohon surya secara berkala perlu diadakan, Sedangkan di Universitas Brawijaya memiliki jaringan internet yang terhubung dengan internet maupun jaringan lokal yang baik dengan total bandwidth hingga 2500Mbps[3]. Jaringan lokal digunakan untuk

menghubungkan 2 atau lebih perangkat berbeda agar dapat berkomunikasi. Untuk itu pemantuan pohon surya dapat dilakukan tanpa harus mendatangi pohon surya melainkan dapat dilakukan di kantor perawatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Solar cell

Solar cell adalah bagian dari PLTS berupa lempengan lempengan silica yang dapat mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan oleh solar cell besarnya dinyatakan dalam satuan Wp (Watt-peak). Solar cell juga memiliki berbagai macam jenis yaitu monokristal, polikristal, amorphous, dan compound. Pemasangan solar cell ini bisa dibedakan menjadi dua yaitu stand alone (offgrid) maupun on grid [4]



Gambar 2.1 Solar cell

Spesifikasi Solar cell adalah sebagai berikut

MODEL	P-100
Jenis Sel	Polycrystalline
Daya Max (Pmax)	100 Wp
Jumlah Sel	36 Sel
Tegangan pada Daya maksimum	34.8 V
Tegangan hubung buka	44.2 V
Arus hubung singkat	3,5 A
Arus pada daya maksimum	2,8 A
Berat	5,6 Kg

B. Maximum Power Point Tracker (MPPT)

MPPT adalah sebuah rangkaian elektronik yang digunakan pada sistem PV agar dapat menghasilkan daya maksimum. Prinsip kerjanya adalah dengan mencari daya maksimum dari PV agar dapat selalu beroperasi pada titik tersebut.[2] MPPT ini menggunakan boost converter karena tegangan dari solar cell dinaikkan maka arus pengisian juga naik



Gambar 2.2 MPPT

Spesifikasi MPPT adalah sebagai berikut

	Maximum Power Point Tracking
Sistem	24V
Rentang tegangan sistem	18V - 30V
Efisiensi konversi	≥96.5% ; ≤99%

Masukan MMPT sebagai berikut

Rentang Tegangan kerja MPPT	34 – 150 V
Proteksi tegangan rendah	30 V
Pemulihan Tegangan rendah	34 V
Tegangan DC maksimum	DC 160 V
Proteksi tegangan lebih	DC 150 V
Max PV Power	1700W

Keluaran MPPT sebagai berikut

Tipe baterai 12V	Sealed Lead Acid, Vented, Gel, NiCd
Proteksi tegangan lebih	29.2 V
Rata-rata arus keluaran	60 A
Batas Arus maksimum	66 A
Akurasi Tegangan Pengisian	±1.5%

C. Baterai

Baterai merupakan alat yang digunakan untuk menyimpan energi. Pada sistem PV ini biasanya menggunakan baterai berupa aki. Pada penelitian ini digunakan 4 buah baterai 12V 100Ah yang disusun 1 pasang baterai secara seri kemudian di paralel. Jika dipasang paralel maka tegangannya akan menjadi 24 V dan jika dipasang seri maka akan menjadi 100Ah[5]



Gambar 2.3 Baterai 12 V

Spesifikasi baterai adalah sebagai berikut

Model	SGL-100
Tegangan Nominal	12V
Kapasitas	100Ah
Berat Total	34,5 kg
Tegangan Float	2,25V/cell
Batas Arus Pengisian	27,5A

D. Beban Lampu

pada umumnya sistem PV digunakan untuk menyuplai beban DC seperti lampu LED. LED merupakan rangkaian elektronika berupa

semikonduktor yang akan memancarkan cahaya saat dibias maju.



Gambar 2.4 Lampu LED

Spesifikasi lampu LED yang digunakan adalah sebagai berikut

LAMPU PJU LED IS-50	Daya per LED (W)	1	
Model	SS-50DC	Warna (K)	3500
Total daya LED	50	Suhu(C)	<50
Total daya sistem	52	Faktor daya	0,999
Kuat Luminisasi	5500	Bentuk	Zoster Facula
Illuminasi	t=6m 26,3 LUX	Dimensi(mm)	273x306x70
tegangan masukan	9-30V DC	Berat (kg)	6,9

E. Wireless Outdoor

Wireless outdoor merupakan sebuah piranti yang digunakan untuk menghubungkan sebuah perangkat komputer atau server yang memiliki kemampuan komunikasi via kabel LAN kemudian data dari perangkat tersebut dipancarkan menggunakan gelombang elektromagnetik yang kita kenal sebagai wifi dan diterima oleh perangkat lain



Gambar 2.5 Wireless outdoor WAP54GPE

F. Mikrotik

Mikrotik merupakan sebuah router yang berfungsi sebagai penghubung antara wifi dengan jaringan lokal setempat kelebihan dari mikrotik adalah berbagai fitur yang lengkap yang tersedia pada tampilan GUI nya yang dapat kita gunakan seperti pelacakan IP yang terhubung, membuat bridging, IP-IP, dan sebagainya. Untuk menghubungkan perangkat satu dengan perangkat lain menggunakan Mikrotik kita dapat menggunakan kabel LAN straight thru ataupun Crossover, karena mikrotik biasanya secara otomatis dapat membedakannya.



Gambar 1.6 Mikrotik 450 G

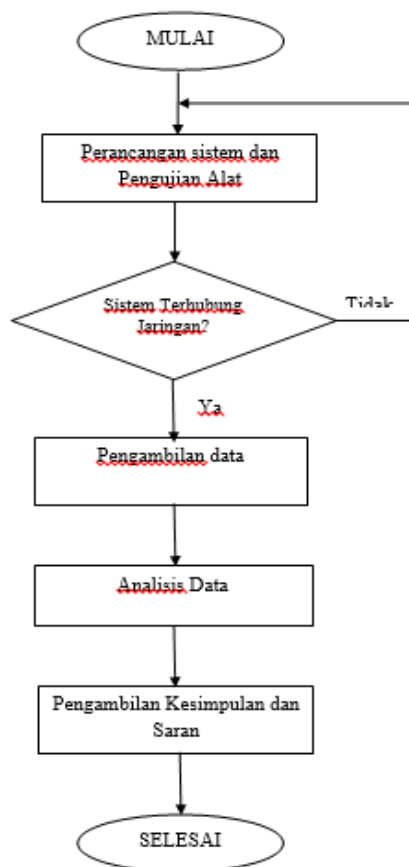
G. Kabel UTP

Kabel UTP (Unshielded Twisted Pair) adalah keluarga dari kabel twisted pair yang digunakan pada jaringan telekomunikasi untuk terhubung ke internet maupun membangun jaringan lokal kabel. Dinamakan Unshielded Twisted pair karena kabel ini tidak memiliki pelindung didalamnya dan disebut Twisted pair karena terdapat 8 kabel yang dipilin secara berpasangan menjadi 4 pasang jika 1 sisi kabel dihubungkan dan bertindak sebagai pengirim(tx) maka sisi lainnya bertindak sebagai penerima (rx),

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini memiliki langkah - langkah sebagai berikut :



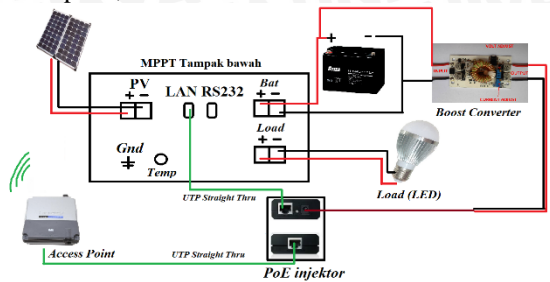
Gambar3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Perancangan Sistem

3.2.1 Pemasangan access point pada MPPT

Pada penelitian ini dibutuhkan 2 buah access point yang dipasang pada masing-masing tiang pohon surya. Pengkoneksian pohon panel surya

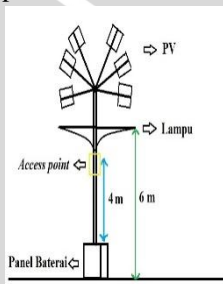
yang menggunakan sistem tegangan 24V dengan access point yang menggunakan tegangan 48V maka dibutuhkan sebuah boost converter untuk mencatu PoE injektor agar access point dapat dihidupkan,



Gambar 3.2 pemasangan access point pada MPPT

3.2.2 Peletakan access point

Peletakan *access point* pun juga sangat penting dikarenakan beberapa faktor antara lain jarak maksimum antara *access point* satu dengan yang lain agar tetap terhubung, keamanan *access point* agar tidak di curi orang, dari segi estetika tidak merusak tampilan



Gambar3.3 Pemasangan access point pada tiang

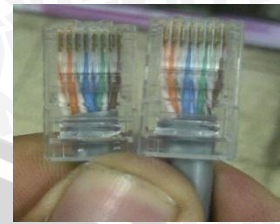


Gambar 3.4 Posisi access point di pos pengamanan dan tiang

3.2.3 Pengaturan urutan kabel UTP

Kabel UTP digunakan untuk transfer data Untuk menghubungkan antara MPPT dengan PoE injector dan PoE injektor dengan *access point* dibutuhkan kabel UTP dengan konfigurasi straight thru, kabel dinyatakan layak pakai jika semua pin

terhubung yang ditunjukkan dengan menyalnya lampu



Gambar 3.5 Urutan warna kabel UTP

3.2.4 Penyetingan boost converter sebagai catu PoE injektor

Modul *boost converter* digunakan untuk menaikkan tegangan sistem 24 V menjadi 48 V dan mencatu PoE injektor yang membutuhkan tegangan 48 V. keluaran dari modul *boost converter* dihubungkan ke PoE injektor menggunakan konektor DC. Penyetingan tegangan keluaran dengan memutar potensio meter



Gambar 3.6 Pengaturan modul boost converter



Gambar 3.7 Pemasangan Modul dengan PoE injektor

3.2.5 Pengaturan alamat IP pada MPPT, komputer, dan access point



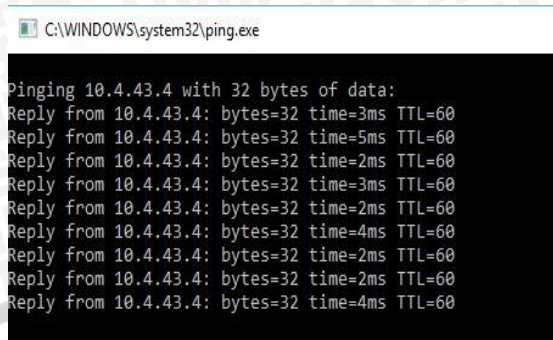
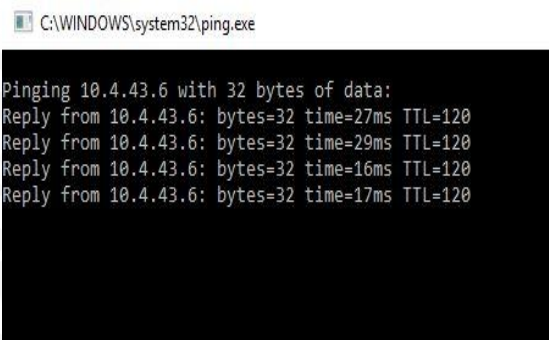
Alamat IP pada MPPT diatur untuk mewakili keberadaan MPPT pada jaringan lokal, pada dasarnya suatu jaringan lokal memiliki *gateway address*. Pada penelitian ini MPPT diberi alamat IP 10.4.43.6 dan diberi gateway 10.4.43.1. Pengaturan alamat IP dan gateway MPPT dapat dilakukan dengan menekan tombol pada MPPT dan masuk pada menu *setting*.

Kemudian agar MPPT bisa terhubung dengan komputer via kabel maka komputer juga diberikan alamat IP dan gateway secara manual. Disini alamat IP komputer diberi 10.4.43.8 dan gate nya 10.4.43.1. Agar MPPT dapat terhubung dengan komputer secara nirkabel maka MPPT di hubungkan dengan *access point*, dan *access point* juga perlu diberikan alamat IP, alamat IP pada *access point* adalah 10.4.43.5 dengan cara masuk pada GUI *access point* tersebut.

Jaringan internet UB sudah tersebar hampir di seluruh tempat kampus tersebut. Di Gerbang Veteran sudah terdapat perangkat CCTV yang terhubung dengan jaringan UB CCTV tersebut menggunakan mikrotik yang di sematkan pada pos pengamanan UB. Dengan adanya mikrotik tersebut sistem pohon surya dapat dihubungkan dengan jaringan UB dengan cara menambahkan satu *access point mode bridge* yang dihubungkan dengan mikrotik. *Access point mode bridge* ini diatur alamat IP nya 10.4.43.4

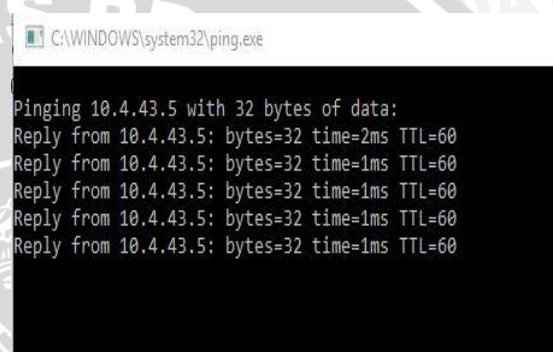
3.2.6 Pengetesan koneksi dengan PING

Ping(sering disebut sebagai singkatan dari Packet Internet Gopher) adalah sebuah program utilitas yang dapat digunakan untuk memeriksa hubungan jaringan berbasis teknologi *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)*. Pengetesan IP digunakan untuk mengetahui apakah MPPT dapat terhubung dengan *access point*, *access point* dengan *access point mode bridge*, MPPT dengan komputer pada jaringan UB. Ping dapat kita jalankan dengan bantuan *command prompt*. Pengetesan koneksi menggunakan PING seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.8 Ping ke MPPT

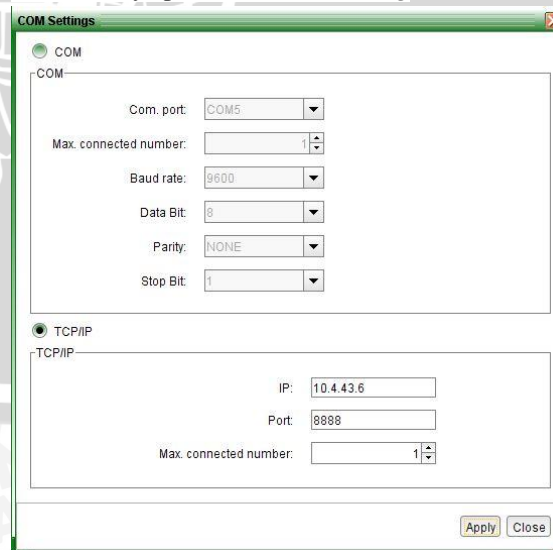
Gambar 3.9 Ping ke *access point*



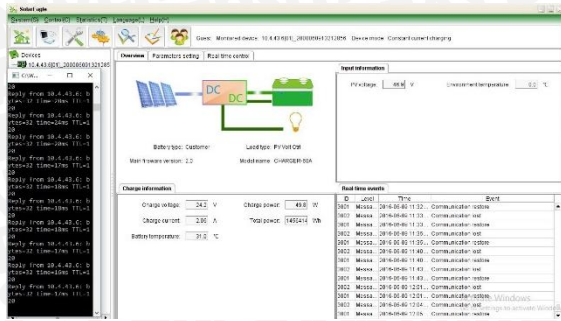
Gambar 3.10 Ping ke *access point bridge mode*

3.2.7 Pemantauan pohon surya

Untuk memonitor pohon surya melalui komputer dibutuhkan program *pemantau* yaitu *solar eagle*. Agar program ini dapat mengambil data dari MPPT perlu di *setting* terlebih dahulu alamat IP nya pada menu *com setting*



Gambar 3.11 Pengaturan alamat IP MPPT pada program



Gambar 3.12 tampilan keseluruhan program pemantauan

3.3 Pengambilan Data

Data yang diambil dari penelitian ini adalah tegangan pengisian, arus pengisian, daya pengisian, serta total daya yang mengalir pada sistem pohon panel surya menggunakan wifi di jaringan lokal Universitas Brawijaya. Data yang diambil berupa parameter yang ada berupa tegangan arus dan daya serta energi yang mengalir pada system tersebut selama bulan tersebut

3.4 Analisa Data

Analisa data dilakukan setelah mendapatkan data dari hasil pengambilan data berupa parameter tegangan, arus, daya yang ada kemudian di analisa apakah selama satu bulan pohon panel surya bekerja secara efektif dengan pertimbangan dari hasil penyinaran panel tiap satu hari selama satu bulan berapa energi yang dapat dihasilkan dan berapa lama lampu PJU dapat menyala dengan optimal. Dan berapakah jam efektif matahari dalam konversi energi pada pohon panel surya

3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Menyimpulkan kondisi dari pohon panel surya, dan menyimpulkan komunikasi menggunakan Wi-Fi serta berapa daya yang dihasilkan oleh PV perhari selama satu bulan dan berapa lama jam efektif

IV. PEMBAHASAN DAN ANALISIS

4.1 Pembahasan Keseluruhan

4.1.1 Beban

Pada penelitian ini beban lampu yang digunakan adalah 2 buah lampu LED 50 W., Lampu LED ini dinyalakan selama 11,5 jam yaitu pada jam 18.00-05.30. Jumlah energi minimum yang dibutuhkan lampu dalam periode 1 hari adalah

$$2 \text{ buah} \times 50 \text{ W} \times 11,5 \text{ jam} = 1150 \text{ Wh.}$$

Menurut aturan *Days of autonomy* dimana hari pada sistem *off grid* harus dapat bertahan / tetap

menyala tanpa adanya sinar matahari sebanyak 3 hari sehingga

$$1150 \text{ Wh} \times 3 = 3450 \text{ Wh}$$

4.1.2 Panel Surya

Pada penelitian ini panel surya yang digunakan adalah 100 Wp dengan tegangan hubung buka 44,2 V dan arus hubung singkat 3,5 A namun saat dioperasikan tegangan pada saat daya maksimum (V_{maks}) 34,8 V dan arus saat daya maksimum (I_{maks}) 2,8 A. Penyusunan panel surya ini berupa 2 seri 3 paralel (2s3p) sehingga menurut teori rangkaian listrik jika panel surya di seri sepasang maka tegangan maksimum yang dapat dicapai adalah

$$2 \times 34,8 \text{ V} = 69,6 \text{ V}$$

sedangkan jika diparalel 3 maka arus yang dapat dihasilkan adalah

$$3 \times 2,8 \text{ A} = 8,4 \text{ A}$$

sehingga daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar

$$69,6 \text{ V} \times 8,4 \text{ A} = 584,64 \text{ W}$$

4.1.3 Baterai

Pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah 4 buah baterai 12 V masing masing 100Ah yang penyusunan baterainya berupa 2 seri 2 paralel (2s2p) sehingga menurut teori rangkaian listrik jika baterai di seri sepasang maka tegangan kerja baterai adalah

$$2 \times 12 \text{ V} = 24 \text{ V}$$

kemudian di paralel 2 maka akan menjadi

$$2 \times 100 \text{ Ah} = 200 \text{ Ah} ,$$

sehingga energi yang dapat disimpan baterai sebesar

$$24 \times 200 \text{ Ah} = 4800 \text{ Wh.}$$

Sedangkan menurut aturan *days of autonomy* spesifikasi baterai telah memenuhi syarat. Setiap baterai memiliki *Deep of Discharge* atau batas kemampuan baterai untuk menyuplai beban. Pada umumnya sebuah baterai hanya diperbolehkan menyuplai beban sebesar 80% dari kapasitas nya agar usia baterai bisa bertahan lebih lama, sehingga energi yang dapat dipakai untuk menyuplai beban menjadi

$$80\% \times 4800 \text{ Wh} = 3840 \text{ Wh}$$

Pada umumnya baterai memiliki tegangan tertentu menurut *State of charge* nya seperti pada tabel berikut

STATE OF CHARGE

charge	6-V battery	12-V battery	24-V bank	48-V bank	per cell
100%	6.37	12.73	25.46	50.92	1.277
90%	6.31	12.62	25.24	50.48	1.258
80%	6.25	12.50	25.00	50.00	1.238
70%	6.19	12.37	24.74	49.48	1.217
60%	6.12	12.24	24.48	48.96	1.195
50%	6.05	12.10	24.20	48.40	1.172
40%	5.98	11.96	23.92	47.84	1.148
30%	5.91	11.81	23.62	47.24	1.124
20%	5.83	11.66	23.32	46.64	1.098
10%	5.75	11.51	23.02	46.04	1.073

Tabel 4.1 State of charge standar baterai

Dari tabel diatas untuk sistem 24 V maka baterai dalam kondisi penuh pada tegangan 25,46 V. Sehingga setelah pemakaian energi baterai sebesar 3480 Wh level tegangan baterai turun menjadi

$$80\% \times 25,46 \text{ V} = 20,36 \text{ V}$$

4.1.4 Perhitungan Dasar

Dengan menggunakan data yang didapat dari NASA melalui halaman web nya seperti pada gambar dibawah berikut

Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
-12	12.75	12.48	12.17	11.85	11.57	11.43	11.48	11.72	12.03	12.35	12.65	12.86
-11	12.68	12.45	12.17	11.85	11.62	11.50	11.55	11.75	12.03	12.33	12.60	12.75
-10	12.63	12.42	12.15	11.88	11.67	11.53	11.58	11.78	12.03	12.32	12.57	12.70
-9	12.58	12.38	12.15	11.92	11.70	11.60	11.65	11.82	12.05	12.28	12.52	12.65
-8	12.52	12.35	12.15	11.93	11.75	11.67	11.72	11.85	12.05	12.28	12.47	12.57
-7	12.48	12.32	12.13	11.95	11.80	11.73	11.75	11.88	12.07	12.25	12.43	12.52
-6	12.42	12.28	12.13	11.98	11.85	11.77	11.82	11.92	12.07	12.23	12.38	12.47
-5	12.38	12.25	12.13	12.00	11.88	11.83	11.85	11.95	12.07	12.22	12.33	12.40
-4	12.32	12.23	12.13	12.02	11.93	11.90	11.92	11.98	12.08	12.18	12.30	12.35
-3	12.28	12.20	12.12	12.05	11.98	11.97	11.95	12.02	12.08	12.17	12.25	12.30
-2	12.22	12.18	12.12	12.07	12.03	12.00	12.02	12.05	12.10	12.15	12.20	12.23
-1	12.18	12.15	12.12	12.08	12.07	12.07	12.08	12.10	12.13	12.17	12.17	12.17
0	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.13
1	12.08	12.08	12.10	12.13	12.17	12.17	12.18	12.15	12.12	12.08	12.07	12.07
2	12.02	12.05	12.10	12.15	12.20	12.23	12.22	12.18	12.13	12.08	12.03	12.00
3	11.97	12.02	12.10	12.18	12.25	12.30	12.28	12.22	12.13	12.05	11.98	11.95
4	11.92	11.98	12.10	12.22	12.30	12.33	12.32	12.25	12.13	12.03	11.93	11.90

Gambar 4.1 keberadaan matahari selama satu hari
Sumber: eosweb.larc.nasa.gov

NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data
Latitude -7.956 / Longitude 112.613 was chosen.

Climate data location	Unit
Latitude	°N
Longitude	°E
Elevation	m
Heating design temperature	°C
Cooling design temperature	°C
Earth temperature amplitude	°C
Frost days at site	day

Month	Daily solar radiation		Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	Air temperature	Relative humidity					
January	25.1	86.6%	4.77	99.1	3.2	26.2	0
February	25.1	86.2%	4.82	99.1	3.4	26.0	0
March	25.4	85.9%	4.94	99.1	2.3	26.4	0
April	25.4	85.4%	4.98	99.1	2.7	26.4	0
May	25.1	84.7%	4.92	99.2	3.7	25.8	0
June	24.5	83.6%	4.73	99.2	4.3	25.2	0
July	24.2	79.9%	5.03	99.3	4.7	25.0	0
August	24.6	75.2%	5.54	99.3	4.8	25.9	0
September	25.3	73.9%	6.05	99.3	4.2	27.0	0
October	25.8	76.9%	5.94	99.2	3.2	27.6	0
November	25.5	83.5%	5.30	99.1	2.5	27.0	0
December	25.2	86.2%	4.99	99.1	2.3	26.4	0

Gambar 4.2 Data radiasi matahari
Sumber: eosweb.larc.nasa.gov

Untuk bulan Juni radiasi matahari 4,73 kWh/m²/d dan pada bulan itu waktu penyinaran matahari 11,67 jam sehingga energi yang dihasilkan

$$\frac{4,73 \text{ kWh/m}^2/\text{d}}{11,67} = 0,4053 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$$

Sedangkan menurut datasheet luas penampang panel surya adalah 0.4482 m² (panjang 0,675 m x lebar 0,644 m) sehingga energi yang dapat dihasilkan panel surya adalah sebesar

$$0,4053 \text{ kWh/m}^2/\text{d} \times 0.4482 \text{ m}^2 = 181.66 \text{ Wh / panel / d}$$

Karena penyusunan pohon surya menggunakan 6 buah panel maka total energi yang dapat dihasilkan adalah sebesar

$$181,66 \text{ W} \times 6 \text{ buah panel} = 1089 \text{ Wh / d}$$

Sehingga dalam satu bulan energi yang dihasilkan adalah sebesar

$$1089 \text{ W} \times 30 \text{ hari} = 32,6 \text{ kWh}$$

Kemudian dari spesifikasi panel surya yang ada dilakukan simulasi menggunakan software PVsyst 6.4.9. Hasil simulasi menggunakan program PVsyst adalah sebagai berikut

New Balances and main results

	GloBHr kWh/m ²	T Amb °C	GloBHc kWh/m ²	GloBEff kWh/m ²	EArMPP kWh	EAray kWh	E User kWh
January	100.3	25.30	99.9	95.9	49.12	22.39	22.39
February	100.8	24.99	99.9	92.3	47.31	21.54	21.54
March	114.1	25.27	111.5	107.4	54.92	25.08	25.08
April	123.8	25.74	124.0	119.8	60.97	27.97	27.97
May	138.8	26.02	143.3	138.5	69.97	32.40	32.40
June	134.4	25.07	142.5	137.7	70.16	32.21	32.21
July	141.7	24.95	147.4	142.5	72.88	33.33	33.33
August	157.9	24.92	161.5	156.5	79.31	36.62	36.62
September	146.4	25.48	144.7	139.8	70.34	32.71	32.71
October	152.7	26.62	151.4	146.2	73.47	34.22	34.22
November	120.7	26.24	114.4	109.9	56.08	25.67	25.67
December	115.2	25.99	109.4	104.9	54.37	24.51	24.51
Year	1550.4	25.52	1545.9	1491.3	759.88	348.65	348.65

Legends: GloBHr Horizontal global irradiation, T Amb Ambient Temperature, GloBHc Global incident in cell plane, GloBEff Effective Global, corr. for IAM and shadings, EArMPP Array virtual energy at MPP, EAray Effective energy at the output of the array, E User Energy supplied to the user.

Gambar 4.3 Hasil simulasi PVsyst

Dari hasil simulasi didapatkan jumlah energi yang dapat dihasilkan selama setahun adah 348.65 kWh. Untuk bulan Juni energi 32,21 kWh

4.1.5 Aturan Penyalan

Aturan penyalan dan memadamkan lampu yang tersedia pada pohon surya terdapat 5 macam antara lain:

1. *Time control* pada pilihan ini beban lampu akan menyala pada waktu yang telah kita atur tanpa melihat kondisi baterai dan PV, kelemahan dari pilihan ini jika energi di dalam baterai tidak mencukupi maka lampu akan berkedip yang menandakan proteksi *undervoltage* sudah berjalan, gambar penyalan lampu dengan *time control* seperti pada gambar dibawah ini

Load control type:

Morning load on time:

Morning load off time:

Night load on time:

Night load off time:

Gambar 4.4 Penyalan padaman beban berdasarkan waktu

2. *PV control* pada pilihan ini beban lampu akan menyala jika tegangan PV sudah dibawah batas bawah tegangan dan akan padam jika PV di *charge* dan tegangannya sudah melebihi tegangan yang diatur, missal saat tidak ada sinar tegangan PV 1,5 V dan batas bawahnya 5 V maka lampu akan menyala dan di pagi hari PV di sinari matahari dan tegangan PV 15 V sedangkan batas atasnya 10 V maka lampu akan padam. Gambar penyalan lampu dengan *PV control* seperti pada gambar dibawah

Load on PV voltage:

Load off PV voltage:

ini

Gambar 4.5 Penyalan padaman beban berdasarkan tegangan PV

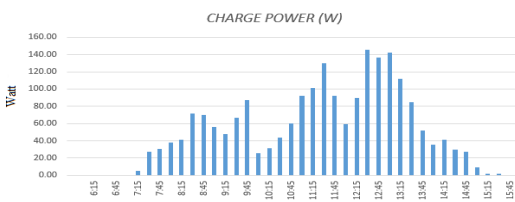
3. *PV & Time control* pada pilihan ini beban lampu akan menyala pada waktu yang telah ditentukan dengan aturan tambahan tegangan PV , jika kondisi tegangan PV memenuhi syarat seperti pada *PV control* maka lampu akan menyala pada waktu tersebut. Jika tidak terpenuhi maka lampu tidak menyala , Jika tegangan PV terpenuhi namun belum pada waktunya maka lampu tidak menyala

4. *ON* pada pilihan ini lampu akan di nyalakan tanpa melihat syarat tegangan PV dan waktu , pilihan ini berfungsi untuk pemeliharaan / pengecekan keadaan lampu apakah bisa menyala atau sudah putus.

5. *OFF* pada pilihan ini beban lampu tidak akan menyala namun di siang hari PV akan tetap mengisi baterai.

4.2 Analisis Data

Berikut adalah contoh grafik *pemantuandaya* pohon surya tanggal 8 Juni 2016



Gambar 4.6 Grafik *pemantuan* 8 Juni 2016

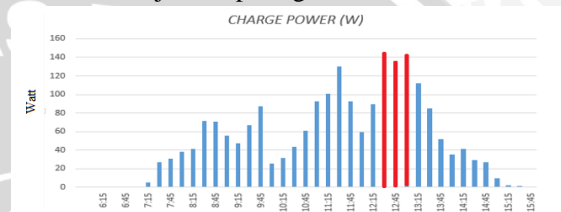
Pada tanggal 8 Juni energi yang dihasilkan sebesar 527,741 Wh. Dari energi yang dihasilkan kita bisa memprediksi berapa lama beban lampu akannya yaitu

$$\frac{527,741 \text{ Wh}}{2 \times 50W} = 5 \text{ jam } 44 \text{ menit}$$

Serta dari energi yang dihasilkan tersebut maka lama efektifitas matahari pada hari tersebut adalah

$$\frac{527,741 \text{ Wh}}{584,64 \text{ W}} = 54 \text{ menit}$$

Pada grafik waktu efektifitas matahari pada hari tersebut ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 4.7 Grafik *pemantuan* 8 juni dengan waktu efektifitas matahari

Pemantuan pohon surya dilakukan selama satu bulan berikut adalah rangkuman data dan waktu efektifitas matahari selama satu bulan

Tanggal	Energi (Wh)	Lama penyalan lampu	Efektifitas matahari
1 Juni 2016	242,89	2 jam 25 menit	24 menit
2 Juni 2016	399,31	3 jam 59 menit	40 menit
3 Juni 2016	350,45	3 jam 30 menit	35 menit
4 Juni 2016	373,78	3 jam 43 menit	38 menit
5 Juni 2016	383,16	3 jam 49 menit	39 menit
6 Juni 2016	415,40	4 jam 9 menit	42 menit
7 Juni 2016	322,13	3 jam 13 menit	33 menit
8 Juni 2016	527,74	5 jam 44 menit	54 menit
9 Juni 2016	523,53	5 jam 14 menit	53 menit
10 Juni 2016	373,77	3 jam 44 menit	38 menit
11 Juni 2016	215,74	2 jam 9 menit	22 menit
12 Juni 2016	292,90	2 jam 55 menit	30 menit
13 Juni 2016	320,64	3 jam 13 menit	32 menit
14 Juni 2016	365,91	3 jam 39 menit	37 menit
15 Juni 2016	350,92	3 jam 30 menit	36 menit
16 Juni 2016	380,25	3 jam 48 menit	39 menit
17 Juni 2016	460,93	4 jam 36 menit	47 menit
18 Juni 2016	79,36	47 menit	8 menit
19 Juni 2016	175,96	1 jam 45 menit	18 menit

20 Juni 2016	496,96	4 jam 57 menit	51 menit
21 Juni 2016	343,60	3 jam 26 menit	35 menit
22 Juni 2016	199,67	1 jam 59 menit	20 menit
23 Juni 2016	371,63	3 jam 42 menit	38 menit
24 Juni 2016	406,99	4 jam 3 menit	41 menit
25 Juni 2016	329,81	3 jam 17 menit	33 menit
26 Juni 2016	314,23	3 jam 8 menit	32 menit
27 Juni 2016	338,66	3 jam 23 menit	34 menit
28 Juni 2016	353,83	3 jam 31 menit	36 menit
29 Juni 2016	348,31	3 jam 28 menit	35 menit
30 Juni 2016	350,52	3 jam 30 menit	35 menit
Rata – rata	346.966	3 jam 28 menit	35 menit

Tabel 4.2
Data bulan Juni 2016

Dari tabel didapatkan energi terbesar yang dapat dibangkitkan adalah 527,74 Wh dan energi terendah yang dibangkitkan adalah 79,36Wh dikarenakan pada hari itu gelap dan terjadi hujan selama satu hari. Sedangkan perbandingan data antara perhitungan, simulasi, *pemantauan* adalah sebagai berikut.

Sumber	Energi (kWh)
Perhitungan BMKG	32,6
Simulasi PVsyst	32,21
<i>Pemantuan</i>	10.40

Tabel 4.3 Daya berdasarkan sumber

Dari tabel diatas dengan menggunakan spesifikasi yang sama untuk panel surya yang menghadap satu arah mata angin diperoleh energi sebesar 32,6 kWh untuk perhitungan dari data BMKG dan 32,21 kWh untuk hasil simulasi online menggunakan *softwarePVsyst* . Sedangkan dari hasil *pemantuan* pohon surya yang panel surya nya di susun menyerupai pohon, energi yang dihasilkan sebesar 10,40 kWh. Dari data tersebut membuktikan bahwa pohon surya memiliki keunggulan dari segi estetika, namun dari segi energinya pohon surya tidak sebaik peletakan menghadap satu arah mata angin.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian *pemantuan* pohon surya dan pengujian sistem di simpulkan

1. Pemantauan pohon surya dapat dilakukan menggunakan jaringan TCP/IP dengan memasang *access point* dan dihubungkan dengan port LAN yang tersedia pada MPPT, kemudian mengatur alamat IP komputer serta

MPPT. Data pemantauan dapat diambil menggunakan program *solar eagle 2.0*.

2. Terjadinya nyala padam pada pohon surya dikarenakan pengisian baterai tidak maksimal dengan rata rata energi yang dihasilkan 346,966 Wh per hari dan kebutuhan energi yang dibutuhkan beban lampu sebesar 1150 Wh.
3. Jam efektif matahari yang dapat dimanfaatkan panel surya rata-rata 35 menit dibulan Juni.
4. Penyala padaman beban lampu yang optimal menggunakan *PV&Time control* karena lampu akan menyala pada saat waktu yang diinginkan tetapi akan padam jika tegangan dari baterai sudah tidak memenuhi syarat.
5. Pemasangan PV yang menghadap 1 mata angin akan menghasilkan energi lebih banyak dibandingkan disusun seperti pohon surya dengan perbandingan 32,6 kWh untuk perhitungan menggunakan data BMKG dan 32,2 kWh untuk simulasi online menggunakan PVsyst yang dihadapkan 1 mata angin, serta 10,40 kWh jika disusun seperti pohon surya.

5.2 Saran

Agar tidak terjadi nyala padam di malam hari sebaiknya panel surya dihadapkan 1 arah mata angin dan menambah panel tiruan agar tetap membentuk pohon surya sehingga energi yang dihasilkan menjadi maksimal dan segi estetika panel surya tetap terjaga atau mengurangi beban lampu dari 2 x 50 W menjadi 2 x 15 W.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Kadir Abdul. 2011. Energi Sumber Daya Inovasi Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi. Jakarta: UIPRESS
- [2]Huang-Jen Chiu , Yu-Kang Lo, Chun-Jen Yao, and Shih-Jen Cheng, 2011. Design and Implementation of a Photovoltaic High-Intensity-Discharge Street Lighting System, IEEE Transactions On Power Electronics. VOL. 26. NO. 12: 1
- [3]<http://bits.ub.ac.id/en/internet-akses/> diakses pada 15 Agustus 2016
- [4]Balasubramanian Indu Rani, Ganesan Saravana Ilango, and Chilakapati Nagamani, 2013. Control Strategy for Power Flow



Management in a PV System Supplying
DC Loads. IEEE Transactions On
Industrial Electronics. VOL. 60. NO. 8: 2

[5]Mayfield Ryan, 2010. Photovoltaic Design and
Installation For Dummies. , Willey
Publishing Inc , 1 Januari , Canada

