

ANALISA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI GEDUNG FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

Robby Teja Saksena¹, Dedi Nugroho², Sukarno Budi Utomo³

^{1, 2, 3} Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^{1, 2, 3} JL. Kaligawe Raya KM.4 Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah

¹robbytejasaksena@std.unissula.ac.id

Abstrak - Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu aplikasi dari penggunaan energi terbarukan yang berpotensi diterapkan di Indonesia yang memiliki potensi dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,8kWh/m²/hari. Sekarang ini banyak instansi pendidikan yang menerapkan energi terbarukan di lingkungannya salah satunya pembangkit listrik tenaga surya sebagai suplai energi listrik di lingkungannya.

Penelitian ini membahas tentang perencanaan pembangkit listrik tenaga surya di atap gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula dengan menganalisa intensitas radiasi matahari dan suhu udara di kota semarang. Dengan parameter yang diperlukan adalah model penelitian, energi yang dikonsumsi gedung, luas atap gedung, besar intensitas radiasi dan suhu udara di kota semarang. Pada analisa perencanaan ini memperhitungkan kapasitas daya yang dibangkitkan PLTS, kapasitas charger controller, kapasitas baterai, dan kapasitas inverter.

Hasil dari perencanaan ini didapatkan dengan menentukan kapasitas PLTS 10% dari energi yang dikonsumsi gedung sebesar 145,15 kWh menghasilkan luas array seluas 275,42 m² dengan daya yang dibangkitkan 46.270,56 Wp. Menggunakan panel surya kapasitas 200 Wp sebanyak 240 buah tersusun 6 array kapasitas daya sebesar 8011,52 dengan kapasitas daya total 28.069,12 Wp, menggunakan 6 buah charger controller kapasitas 80 A, menggunakan 240 buah baterai berkapasitas 12V 200ah. Dan menggunakan 3 buah inverter berkapasitas 20kVA.

Kata Kunci: perencanaan, PLTS, baterai, charger controller, inverter

Abstract - Solar power generation is one of the applications of the use of renewable energy that has the potential to be applied in Indonesia which has the potential with an average solar radiation intensity of 4.8kWh / m² / day. Nowadays there are many educational institutions that apply renewable energy in their environment, one of which is solar electricity generation as a supply of electrical energy in their environment.

This final task discusses the planning of solar power plants on the roof of the Unissula Industrial Technology Faculty building by analyzing the intensity of solar radiation and air temperature in the city of Semarang. The parameters required are the research model, the energy consumed by the building, the roof area of the building, the intensity of radiation and air temperature in Semarang. In this planning analysis takes into account the power capacity generated by PLTS, charger controller capacity, battery capacity, and inverter capacity.

The results of this plan are obtained by determining the PLTS capacity of 10% of the energy consumed by the building by 145.15 kWh producing an area of 275.42 m² with an generated power of 46,270.56 Wp. Using a solar panel capacity of 200 Wp as many as 240 pieces arranged 6 arrays of power capacity of 8011.52 with a total power capacity of 28,069.12 Wp, using 6 pieces of charger controller capacity of 80 A, using 240 pieces of battery capacity of 12V 200ah. And use 3 inverters with a capacity of 20kVA.

Keywords: planning, PLTS, battery, charger controller, inverter

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan pokok yang paling vital di kalangan manusia. Peningkatan penggunaan energi listrik untuk instansi, perkantoran, perindustrian, serta kegiatan rumah tangga dapat dijadikan sebagai indikator peningkatan kemakmuran. Akan tetapi dalam penyediaan energi timbul masalah, yakni sebagian besar energi yang

tersedia saat ini adalah energi yang dihasilkan dari bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Serta dalam penyediaan energi yang berbahan bakar fosil menghasilkan gas emisi CO₂ yang mencemari lingkungan dan mengakibatkan terjadinya pemanasan global. Selain itu energi berbahan bakar fosil mengakibatkan semakin menipis persediaan bahan fosil di bumi. Oleh karena itu perlu inovasi energi berupa pemanfaatan energi terbarukan sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan serta sumber daya yang tidak terbatas. Salah satu energi terbarukan adalah energi panas matahari, yaitu dengan penggunaan panel surya atau solar cell.

Indonesia merupakan Negara yang terletak di daerah tropis yang memiliki potensi energi matahari yang besar. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu aplikasi dari penggunaan energi terbarukan yang berpotensi diterapkan di Indonesia yang memiliki potensi radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m²/hari.

Sekarang ini banyak instansi pendidikan yang sudah menerapkan energi terbarukan didalam lingkungannya. Sejalan dengan visi pemerintah melalui kementerian ESDM target energi terbarukan di indoneisia pada 2025 yaitu sebesar 25%. Energi terbarukan yang di terapkan salah satunya adalah solar cell, pengembangan solar cell memang dikenal mahal, akan tetapi dengan kajian-kajian ataupun penelitian akan didapatkan nilai biaya pengembangan dan pengoperasian yang lebih murah dan mudah, serta penghematan energi solar cell yang dapat menghasilkan keuntungan untuk instansi yang menerapkan solar cell.

Universitas Islam Sultan Agung (Unissula) adalah salah satu perguruan tinggi swasta di kota semarang yang berlokasi di daerah pantai utara kota Semarang tepatnya di Jalan Raya Kaligawe. Unissula memiliki 12 gedung fakultas yang untuk aktivitas nya diperlukan energi listrik yang di suplai PLN, salah satunya gedung Fakultas Teknologi Industri, untuk keperluan segala aktivitas yang ada, gedung Fakultas Teknologi Industri mengonsumsi energi listrik sebesar 35.491,82 kWh pada bulan januari 2018. Dengan melihat karakteristik gedung Fakultas Teknologi Industri yang cukup strategis untuk memanfaatkan energi matahari siang hari di daerah pesisir dengan intensitas radiasi matahari rata-rata perbulan di kota semarang sebesar 4,36 kWh/m²/hari, posisi atap gedung yang tinggi, memiliki kemiringan atap yang landai. Gedung Fakultas Teknologi Industri memiliki potensi untuk dipasang PLTS diatap gedung. PLTS yang dipasang pada atap gedung akan menghasilkan daya keluaran, daya keluaran digunakan untuk suplai gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula, sebagai upaya untuk penghematan energi pada gedung FTI Unissula dan untuk mengurangi biaya listrik PLN.

Berdasarkan puraian diatas penulis mengangkat judul anaisa perencanaan pembangkit listrik tenaga surya di atap gedung fakultas teknologi industri Unissula. Perumusan masalah pada tugas akhir ini adalah berapa jumlah panel surya yang diperlukan plts untuk mensuplai energi listrik gedung, besardaya yang dibangkitkan oleg PLTS, serta komponen utama PLTS di atap gedung fakultas teknologi industry Unissula. Tujuan dari tugas akhir ini untuk mengetahui besar daya yang dibangkitkan oleh PLTS serta kapasitas komponen utama pada PLTS.

II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Tomi Engelbertus pada tahun 2016 berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Catu Daya Tambahan pada Hotel Kini Kota Pontianak”. Telah membahas tentang pembangkit listrik tenaga surya yang menggunakan sistem koneksi (*on-Grid*) tanpa baterai sebagai suplai cadangan di Hotel Kini Kota Pontianak, dengan menggunakan 99 buah panel surya 300Wp dan 3 buah inverter single phasa 10.000 Watt, dengan intensitas matahari minimal 3,08 kWh/m²/hari dan suhu rata-rata maksimal 28,22°C mampu memproduksi listrik 90,003 kWh/hari atau 32.851,095 kWh/tahun dan PLTS mampu memberikan suplai 10,32% dari konsumsi energi harian hotel [1].

Penelitian yang dilakukan oleh Vember Restu Kossi pada tahun 2018 berjudul “Perencanaan PLTS Terpusat (*off-Grid*) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah”. Telah membahas tentang perencanaan PLTS terpusat dengan menggunakan sistem koneksi (*off-Grid*) untuk memenuhi kebutuhan listrik di dusun tikalong kabupaten mempawah sebesar 59,066 kWh/hari dengan besar daya yang akan dibangkitkan PLTS sebesar 15 kWp. PLTS rencana menggunakan 3 rangkaian array yang masing-masing menghasilkan daya 5200 Wp dengan jumlah panel 78 unit, 3 buah charger controller berkapasitas minimal 88,27 Ampere, menggunakan 120 buah baterai dengan kapasitas 2V-1000ah, inverter yang digunakan sebanyak 3 dengan kapasitas minimal inverter sebesar 6.600 Watt dan daya total yang dibangkitkan sebesar 15,6 kWp [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Rilo Pambudidoyo pada tahun 2018 berjudul “Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Aquarium & Gedung Pertemuan Wisata Bahari Pekalongan”. Telah membahas tentang perencanaan pembangkit listrik tenaga surya yang memanfaatkan luas atap Gedung

Aquarium & Gedung Pertemuan Wisata Bahari Pekalongan sebesar 281,95m² dengan menggunakan 192 buah panel surya berkapasitas 200Wp. Total energi yang dibangkitkan PLTS sebesar 157,23 kWh dan menggunakan baterai sejumlah 82 buah baterai kapasitas 12V-200ah, PLTS mampu membangkitkan energi sebesar 57.388 kWh/tahun [7].

2.2 LANDASAN TEORI

Sejarah peradaban manusia mencatat bahwa tenaga surya sangat berpengaruh terhadap segala aspek kehidupan manusia dan lingkungan sejak awal kehidupan didunia ini [9]. Pada ribuan tahun silam radiasi surya dapat menghasilkan bahan bakar fosil yang dikenal sekarang ini sebagai minyak bumidan bermanfaat bagi manusia, juga bagi irigasi dan sumber tenaga listrik [9].

Pada inti matahari fusi termonuklir membebaskan energi berbentuk radiasi gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi. Akhir-akhir ini terdapat suatu teori yang diterima oleh para ahli mengatakan bahwa radiasi gelombang elektromagnetik merupakan kombinasi dari gelombang elektrik arus bolak balik berkecepatan tinggi dengan gelombang medan magnetik yang menciptakan partikel-partikel energi dalam bentuk foton [9].

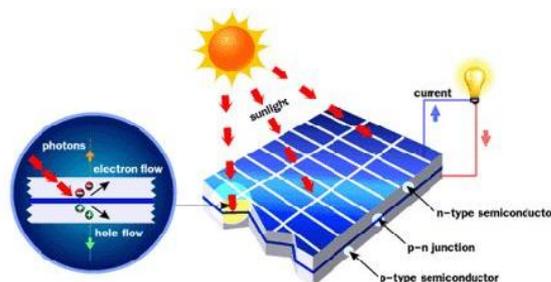
Dalam pemanfaatan energi surya masalah utamanya adalah waktu siang dan waktu malam yang selalu bergantian, sehingga perolehan energi surya tidak secara terus menerus karena terhenti pada waktu malam hari. Sekarang pemanfaatan energi surya sudah dengan teknologi sederhana bahkan juga dengan teknologi canggih. Sebagai contoh energi surya dimanfaatkan sebagai sumber tenaga listrik atau pembangkit listrik, selain itu energi surya juga dimanfaatkan untuk tenaga mekanis, dan untuk peralatan lainnya.

Photovoltaic berasal dari Bahasa Yunani, photo yang bermaksud “cahaya” dan voltaic bermaksud “listrik”. Teknologi photovoltaic beroperasi sangat ramah lingkungan, tidak bising, dan tidak mengeluarkan bahan pencemaran lingkungan. Selain itu biaya pemeliharaan rendah dan mempunyai umur pakai yang panjang yaitu 20-30 tahun [8].

Banyak sel surya terbuat berbahan silikon berkrystal tunggal. Hingga sekarang bahan ini paling banyak digunakan untuk pembuatan sel surya dikarenakan biaya pembuatan yang lebih rendah. Sedangkan silikon murni dari segi harga masih mahal, meskipun menggunakan bahan dasar pasir silikat, tapi pembuatannya perlu biaya produksi yang tinggi.

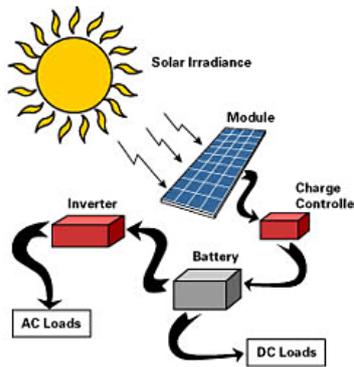
Proses terbentuknya gaya gerak listrik pada sel surya secara sederhana sebagai berikut [2].

- Foton cahaya matahari mengenai panel surya, kemudian material semikonduktor seperti silikon menyerap foton dari cahaya matahari.
- Elektron atau muatan negatif terlempar keluar dari atomnya, mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Muatan positif mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya.
- Gabungan atau susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC. Yang nantinya akan disimpan dalam suatu baterai.
- Daya listrik DC harus dirubah menjadi daya listrik AC menggunakan Inverter sehingga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Sel Surya

Pembangkit listrik tenaga surya mempunyai konsep sederhana, yaitu dengan cara mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik



Gambar 2.2 Sistem Kerja Panel Surya

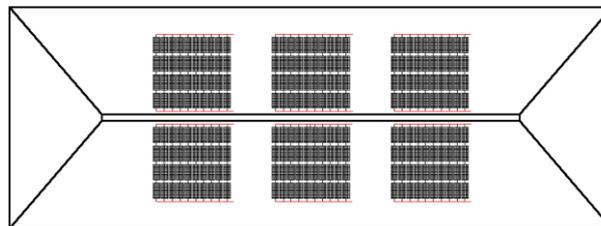
matahari memancarkan radiasi ke permukaan bumi, pancaran radiasi diterima oleh panel surya, panel surya berkerja merubah energi matahari menjadi energi listrik tegangan searah atau DC. Energi listrik yang dihasilkan panel surya disalurkan melalui *charger controller* untuk mengontrol pengisian energi pada baterai, baterai akan menyalurkan tegangan DC yang langsung dihubungkan dengan inverter, inverter berkerja untuk merubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC, dan terakhir energi langsung bisa disalurkan ke beban.

Terdapat 3 jenis desain sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) secara umum yaitu sistem Off Grid suatu sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung dengan grid, sistem On Grid suatu sistem PLTS yang terhubung dengan grid, dan sistem Hybrid suatu sistem PLTS yang terhubung dengan satu atau lebih pembangkit listrik.

III. METODE PENELITIAN

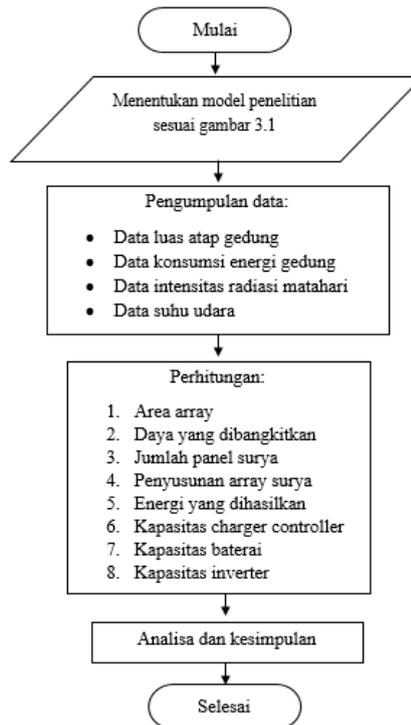
3.1 Model Penelitian

Langkah awal yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian yaitu membuat model penelitian, model penelitian merupakan gambaran skema perancangan tata letak panel surya pada atap gedung. Gambar 3.1 menunjukkan gambar perancangan tata letak panel surya pada atap gedung fakultas teknologi industri unissula.



Gambar 3.1 Model Penelitian

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.2 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi penelitian, lokasi penelitian pada tugas akhir ini di gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula.
2. Menentukan model penelitian, model penelitian yang dibuat untuk penelituian ini adalah gambaran awal perancangan PLTS di gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula sesuai dengan gambar 3.1 yaitu gambar pemodelan.
3. Melakukan pengumpulan data, data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data luas atap gedung, data konsumsi energi gedung, data intensitas radiasi matahari, dan data suhu udara.
4. Melakukan perhitungan luas area array PLTS, perhitungan daya yang dibangkitkan PLTS, perhitungan jumlah panel surya yang akan digunakan untuk PLTS.
5. Melakukan penyusunan array surya untuk menentukan tegangan dan arus keluaran dari PLTS.
6. Menghitung energi yang dihasilkan PLTS dalam sehari maupun dalam satu tahun, menghitung kapasitas charger controller pada PLTS, menghitung kapasitas baterai pada PLTS, dan mengitung kapasitas inverter pada PLTS.
7. Melakukan analisa hasil penelitian dan menarik kesimpulan dari analisa penelitian yang sudah dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Teknis Perencanaan PLTS

4.5.1 Menghitung Area Array

Merencanakan sebuah pembangkit listrik sangat penting untuk mengetahui besarnya energi yang akan disuplai oleh suatu pembangkit tersebut, dalam hal ini dengan pembangkit listrik tenaga surya. Kapasitas atau energi yang akan dibangkitkan (EL) PLTS adalah sebesar 10% dari pemakaian energi rata-rata harian yang berdasarkan pengukuran pada tabel 4.2 adalah rata-rata harian sebesar 1451.5 kWh, maka energi yang akan disuplai oleh PLTS adalah:

$$\begin{aligned} EL &= 10\% \times \text{Pemakaian energi listrik rata - rata} \\ &= 10\% \times 1451.5 \text{ kWh} = 145,15 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Setiap kenaikan temperatur 1°C dari temperatur standarnya pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% (Foster dkk, 2010). Data temperatur maksimum untuk wilayah Kota Semarang periode tahun 2017 sampai tahun 2018 adalah sebesar 29,2°C. Suhu standar panel surya dapat berkerja dengan baik yaitu sebesar 25°C. Berdasarkan data temperatur dapat

diketahui bahwa ada peningkatan suhu sebesar 4,2°C dari temperatur standarnya. Besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur disekitar panel surya mengalami kenaikan sebesar 4,2°C dari temperatur standarnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P \text{ saat } \Delta t &= 0,5\% \times \Delta t \times P_{max} \\ &= (0,5\% \times 4,2) \times 200 \text{ W} \\ &= 2,1\% \times 200 \text{ W} = 4,2 \text{ W} \end{aligned}$$

Daya keluaran maksimal panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi sebesar 29,2°C mengalami pengurangan daya sebesar 4,2 W, maka untuk mencari daya maksimal panel surya saat terjadi penurunan daya akibat temperatur dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{max} t' &= P_{max} - P \text{ saat } \Delta t \\ &= 200 \text{ W} - 4,2 \text{ W} = 195,8 \text{ W} \end{aligned}$$

Besar Faktor Koreksi Temperatur (FKT) adalah sebagai berikut.

$$FKT = \frac{P_{max} t'}{P_{max}} = \frac{195,8 \text{ W}}{200 \text{ W}} = 0,979 \%$$

Nilai efisiensi keluaran (η_{out}) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS. Suatu PLTS yang dilengkapi dengan baterai, *charger controller*, dan inverter maka nilai η_{out} diasumsikan sebesar 0,95. Untuk menghitung luas array PLTS adalah sebagai berikut:

(EL= 145,15 kWh, Gav = 3,37 kWh/m²/hari, FKT = 0,979, η_{PV} = 16,8%, η_{out} = 0,95)

$$\begin{aligned} \text{Luas Array} &= \frac{EL}{Gav \times \eta_{PV} \times \eta_{out} \times FKT} \\ &= \frac{145,15}{3,37 \times 0,168 \times 0,95 \times 0,979} = \frac{145,15}{0,527} = 275,42 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan luas area yang akan digunakan area array sebesar 275,42 m², secara teknis bisa ditepakan karena luas atap gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula melebihi dari luas area array tersebut.

4.5.2 Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*)

Dengan luas array sebesar 275.42 m², nilai *Peak Sun Insolation* (PSI) adalah 1000W/m² dan efisiensi panel surya sebesar 16,8%, maka besar daya yang dibangkitkan oleh PLTS (*Wattpeak*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P \text{ Wattpeak} &= \text{Luas Array} \times \text{PSI} \times \eta_{PV} \\ &= 275,42 \times 1000 \times 0,168 = 46.270,56 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.5.3 Menghitung Jumlah Panel Surya

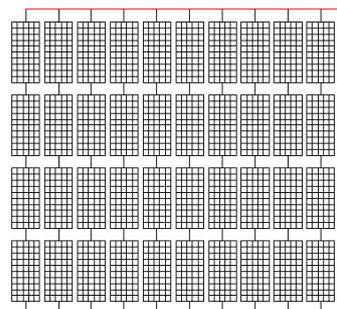
Panel surya yang digunakan untuk PLTS yang dirancang pada Fakultas Teknologi Industri adalah panel surya dengan kapasitas 200 WP. Sehingga berdasarkan kapasitas panel surya tersebut, maka jumlah panel surya yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Panel surya} &= \frac{P \text{ (wattpeak)}}{P_{max}} \\ &= \frac{46.270,56}{200} = 231,35 \end{aligned}$$

Jumlah panel surya yaitu 231,35 buah. Dibulatkan menjadi 240 buah untuk kesamaan dalam penyusunan array surya

4.5.4 Peyusunan Array Surya

Berikut ini penyusunan array surya dikombinasikan secara seri dan paralel untuk mendapatkan tegangan, arus, dan daya tertentu.



Gambar 4.4 Rangkaian Array Surya

Berdasarkan gambar 4.3 masing-masing array PLTS digedung Fakultas Teknologi Industri Unissula terdapat 40 buah panel surya dengan konfigurasi 13 seri panel surya dan 3 paralel panel surya. setiap array menghasilkan V_{mpp} dan I_{mpp} sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_{mpp \text{ array}} &= V_{mp} \times \text{Jumlah seri} \\ &= 35,2 \times 4 = 140,8 \text{ V} \\ I_{mpp \text{ array}} &= I_{mp} \times \text{Jumlah paralel} \\ &= 5,69 \times 1 = 56,9 \text{ A} \\ P_{mpp \text{ array}} &= V_{mpp} \times I_{mpp} \\ &= 140,8 \times 56,9 = 8.011,52 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 3.1 bahwa PLTS digedung Fakultas Teknologi Industri Unissula terdapat 6 array surya yang mana masing-masing array surya memiliki V_{mpp} sebesar 140,8V dan I_{mpp} sebesar 56,9A, sehingga dapat menghasilkan daya sebesar 8.011,52 Wattpeak. Dan daya total yang dibangkitkan dari keseluruhan array sebesar $8.011,52 \times 6 = 48.069,12$ Wattpeak atau 48,06 kWp.

4.5.5 Menghitung Kapasitas PLTS

Hasil keluaran maksimal dari modul surya dapat ditentukan sesuai rating kapasitas panel surya yang terpasang pada PLTS yang dirancang pada Gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula, dalam hal ini nilai daya maksimal panel surya saat terjadi peningkatan suhu adalah sebesar 195,8 Wp, maka kapasitas keseluruhan panel yang terpasang yaitu sebesar

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \text{Jumlah Panel} \times P_{max} t' \\ &= 240 \times 195,8 = 46.992 \text{ Wp} \end{aligned}$$

4.5.6 Menghitung Kapasitas Charger Controller

Setelah diketahui besar daya dan tegangan yang dihasilkan array sebesar 8.011,52 watt dan 140,8 V dengan nilai *safety factor* sebesar 1,25 maka untuk menghitung kapasitas *charger controller* pada masing-masing array adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Capacity of Charger Controller} &= \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \\ &= \frac{8.011,52 \times 1,25}{140,8} = \frac{10.014,4}{140,8} = 71,125 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, kapasitas *charger controller* untuk masing-masing array surya adalah sebesar 71,125 A sehingga pada perencanaan PLTS di Gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula yang memiliki 6 array surya dapat menggunakan sebanyak 6 *charger controller* dengan kapasitas minimal 71,125 Ampere. Melihat dari hasil tersebut bahwa kapasitas *charger controller* yang terdapat pada pasaran adalah *charger controller* dengan kapasitas 80 A.

4.5.7 Menghitung Kapasitas Baterai

Menentukan kapasitas baterai pada PLTS perlu memperhatikan hari otonomi, yaitu hari dimana baterai tetap bisa menyuplai beban jika modul surya tidak menghasilkan listrik dikarenakan cuaca, pada perencanaan ini hari otonomi baterai menggunakan selama 3 hari. Energi yang dibangkitkan PLTS dalam sehari sebesar 145.150 kWh dan tegangan sistem baterai sebesar 96 V dengan DOD sebesar 80%, dan efisiensi baterai diasumsikan 95%, maka untuk menghitung kapasitas baterai PLTS pada perencanaan PLTS di Gedung Fakultas Teknologi Industri adalah sebagai berikut.

$N= 3$, $EL= 145,15 \text{ kWh}$, $V_s= 96\text{V}$, $DOD= 0,8$, Efisiensi baterai= 0,95

$$\begin{aligned} C &= \frac{N \times EL}{V_s \times DOD \times \eta} \\ &= \frac{3 \times 145.150}{96 \times 0,8 \times 0,95} = \frac{435.450}{72,96} = 5968,33 \text{ ah} \end{aligned}$$

Kebutuhan baterai PLTS sebesar 5968 ah dibulatkan menjadi 6000 ah untuk penyesuaian dengan kapasitas satu baterai.

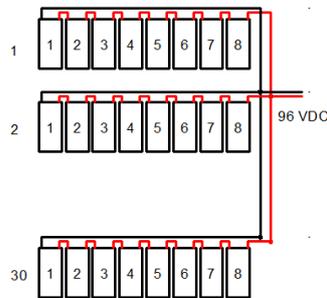
Dengan menggunakan baterai jenis VRLA berkapasitas 12 V -200 ah untuk masing-masing baterai, dapat diketahui jumlah baterai yang dibutuhkan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{\text{Kebutuhan baterai PLTS}}{\text{Kapasitas baterai}} = \frac{6000 \text{ ah}}{200 \text{ ah}} = 30$$

Untuk menentukan jumlah rangkaian seri baterai yaitu dengan melihat besar tegangan sistem sebesar 96 VDC, dibagi dengan tegangan sistem baterai sebesar 12 VDC maka sebagai berikut

$$\text{Baterai seri} = \frac{96 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 8 \text{ buah}$$

Supaya menghasilkan tegangan minimal untuk sistem yaitu sebesar 96 V dan memenuhi minimal kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 6000 ah maka baterai dipasang secara seri sebanyak 8 buah dan diparalel sebanyak 30 buah. Seperti gambar berikut ini.



Gambar 4.6 Rangkaian Baterai

Berdasarkan gambar 4.6 rangkaian baterai, terdapat 240 buah baterai dalam rangkaian baterai, rangkaian baterai menghasilkan tegangan keluaran sebesar tegangan satu baterai 12 V dikalikan jumlah seri baterai 8 buah, maka tegangan keluaran sebesar 96 V. dan untuk kapasitas keseluruhan baterai adalah kapasitas satu baterai 200 ah dikalikan jumlah keseluruhan baterai 30 buah, maka kapasitas baterai PLTS mencapai 6000 ah.

4.5.8 Menghitung Kapasitas Inverter

Untuk menghitung kapasitas inverter pada perencanaan PLTS di Gedung Fakultas Teknologi Industri yang terdiri dari 3 unit inverter maka perlu diketahui pada gambar 4.4 dua array dirangkai secara seri, menghasilkan 3 kelompok array yang akan dihubungkan ke 3 inverter. Tegangan keluaran pada sistem charger controller dan sistem baterai berada pada tegangan 96V dengan daya keluaran array masing-masing array sebesar 8011,52 di gabung dua array sehingga tegangan mencapai 16.023,04 W. Maka untuk menghitung kapasitas masing-masing inverter adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Capacity of inverter} &= \text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor} \\ &= 16.023,04 \times 1,25 = 20.028,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Melihat hasil perhitungan kapasitas inverter, maka kapasitas inverter yang digunakan adalah inverter berkapasitas 20 kW sistem output inverter 3 fasa.

V. SIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa perencanaan pembangkit listrik tenaga surya gedung Fakultas Teknologi Industri Unissula maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan, penentuan kapasitas pembangkit listrik tenaga surya digedung fakultas teknologi industri unissula adalah sebesar 10% dari pemakaian energi listrik rata-rata gedung sebesar 145,15 kWh menghasilkan luas array seluas 275,42 m² dengan daya yang dapat dibangkitkan sebesar 46.270,56 Wp.
2. Berdasarkan daya yang dibangkitkan pada perencanaan PLTS menggunakan panel kapasitas 200 Wp dengan jumlah sebanyak 240 buah panel, tersusun 6 array dengan masing masing array menghasilkan daya sebesar 8011,52 Wp dan daya total yang dibangkitkan sebesar 48.069,12 Wp.
3. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas komponen PLTS, Kapasitas solar charger controller sebesar 71,125 A dapat menggunakan kapasitas 80 A sesuai dengan kapasitas yang tersedia di pasaran dengan jumlah 6 buah sesuai dengan array.
4. Kapasitas baterai PLTS sebesar 5968,33 ah dibulatkan menjadi 6000 ah dengan menggunakan baterai berkapasitas 12V 200Ah berjumlah 240 buah baterai tersusun secara 8 baterai seri dan 30 rangkaian baterai seri terhubung paralel untuk mencapai tegangan sistem 96 V.

5. Kapasitas inverter PLTS sebesar 20 kVA dengan daya keluaran sebesar 16 KW, tegangan keluaran 380 V dan frekuensi 50/60Hz dan jumlah inverter PLTS sebanyak 3 buah inverter.

5.2 Saran

1. Dengan adanya penelitian ini penulis berharap adanya pengujian secara mendalam untuk dapat mengetahui kualitas tegangan dan arus yang dapat dihasilkan secara maksimal oleh panel surya.
2. Penulis berharap penelitian ini dapat dikembangkan menggunakan metode yang berbeda dan lebih mendalam untuk dapat menjadikan acuan dan dapat diterapkan secara nyata pada gedung fakultas teknologi industri unissula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Unissula, dekanat FTI, dan Prodi Teknik Elektro, serta kepada kedua orang tua penulis¹ yang sudah mendukung untuk kelancaran Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

Contoh Penulisan pustaka dari artikel jurnal penulisannya sebagai berikut :

- [1] Engelbertus, T., 2016. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [2] Kho, D., n.d. *Pengertian Sel Surya (Solar Cell) dan Prinsip Kerjanya*. <https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/> [Accessed 16 Juli 2019].
- [3] Kossi, V. R., 2018. Perencanaan PLTS Terpusat (off-grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [4] Lynn, P. A., 2010. *Electricity from Sunlight*. s.l.:A John Wiley & Sons, Ltd..
- [5] Nafeh, A., 2009. Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt. *The Open Renewable Energy Journal*, Volume 2, pp. 33-37.
- [6] Outlook Energi Indonesia 2013. Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. Indonesia. 2013
- [7] Pambudidoyo, R., 2018. *Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Aquarium & Gedung pertemuan Wisata Bahari Pekalongan*. Semarang: Skripsi Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- [8] Prof.Dr.Ir.H. Supranto, S., 2015. *Teknologi Tenaga Surya*. Yogyakarta: Global Pustaka Utama.
- [9] Pudjanarsa, A. & Nursuhud, D., 2013. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- [10] Septina, W., n.d. *Teknologi Surya*. <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/> [Accessed 17 Juli 2019].
- [11] Sianipar, R., 2014. Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 11(2), pp. 61-78.