

PERANCANGAN PEMBANGKIT TENAGA SURYA FAKULTAS TEKNIK UHAMKA

Emilia Roza¹⁾, Mohammad Mujirudin²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jakarta, 13830, Indonesia.

email: emilia_roza@uhamka.ac.id, mujirudin@uhamka.ac.id

ABSTRAK

Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR HAMKA (FT UHAMKA) terletak di Jalan Merdeka No 6 Jakarta Timur, terdiri atas 5 lantai. Energi listrik FT UHAMKA disuplai oleh PLN dengan kapasitas daya sebesar 345 kVA. Sedangkan rata-rata penggunaan listrik FT UHAMKA per hari adalah 567.20 kWh. Intensitas radiasi harian di Indonesia rata-rata mencapai 4.8 kWh/m² sangat berpotensi sebagai sumber penghasil energi listrik jika memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai catu daya tambahan. Sistem PLTS yang direncanakan sebesar 10% system PLTS hybrid dengan suplai listrik PLN untuk mensuplai energi listrik di FT UHAMKA yang direncanakan. Daya PLTS yang akan dibangkitkan perhari adalah 56.723 kWp, yang akan dihasilkan dari 92 panel surya dengan kapasitas panel surya adalah 150 Wp.

Kata kunci : Energi Listrik, PLTS

ABSTRACT

Faculty of Engineering Muhammadiyah University Prof. DR HAMKA (FT UHAMKA) is located on jalan merdeka no 6 East Jakarta, consisting of 5 floors. FT UHAMKA electrical energy is supplied by PLN with a power capacity of 345 kVA. The average electricity usage FT UHAMKA per day is 567.20 kWh. The daily radiation intensity averages 4.8 kWh / m² in Indonesia which is very potential as a source of electricity production if utilizing a solar power plant (PLTS) as an additional power supply. The planned PLTS system is 10% of the hybrid PLTS system with PLN electricity supply to supply electrical energy in the planned FT UHAMKA. The PLTS power to be generated per day is 56,723 kWp, which will be produced from 92 solar panels with a solar panel capacity of 150 Wp..

Keywords: Electrical Energy, PLTS

Naskah Diterima : 22 Maret 2019

Naskah Direvisi : 29 Maret 2019

Naskah Diterbitkan : 10 April 2019

1. PENDAHULUAN

Sumber energi listrik di Indonesia masih banyak mempergunakan hasil konversi dari energi fosil seperti batubara, gas dan minyak bumi.. Sumber energi fosil ini semakin lama semakin berkurang dan harganya terus naik [1]. Memasuki abad 21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis, sementara kebutuhan akan energi semakin meningkat, utamanya di negara-negara industri meningkat sampai 70% antara tahun 2000 sampai dengan 2030. Pada tahun 2015, kebutuhan energi listrik mencapai 19.5 - 20 trilyun kWh, namun sumber energi primer (minyak dan gas bumi) hanya mampu menyumbang 12.4 trilyun kWh saja [2]. Permintaan energi listrik akan

tumbuh dengan rerata mencapai 6.5% setiap tahun sampai pada tahun 2020 [3]. Di Indonesia minyak dan gas bumi diperkirakan habis dalam waktu 18 tahun lagi. Status persediaan minyak dunia diperkirakan akan habis 23 tahun ke depan, gas akan habis 62 tahun ke depan, sedangkan batu bara 146 tahun ke depan tidak akan tersedia lagi [2]

Sumber energi terbarukan (*renewable energy*), seperti energi matahari, angin, tenaga air, pasang surut air laut dan biomassa merupakan sumber-sumber energi alternatif yang ramah lingkungan yang perlu dikembangkan secara lebih luas untuk pembangkit tenaga listrik di masa depan[1].

Potensi energi matahari sepanjang garis katulistiwa di wilayah Indonesia sangat besar, dimana intensitas radiasi hariannya rata-rata mencapai 4.8 kWh/m² (tabel 1) [2] [4]. Dengan memanfaatkan efek fotovoltaik yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik maka potensi energi matahari yang sangat besar ini dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif.

Tabel 1. Sumber Daya Energi Baru dan Energi Terbarukan[5]

Jenis Energi	Sumber Daya	Kapasitas Terpasang	Pemanfaatan %
Tenaga Air	94,476 MW ¹⁾	5,024 MW ¹⁾	5,3%
Panas Bumi	29,544 MW ¹⁾	1,403,5 MW ¹⁾	4,8%
Bioenergi	32,000 MW dan 200,000 bpd BBN ⁴⁾	1,740,4 MW ⁴⁾	5,4%
Surya	4,80 kWh/m ² /day ~207,9 GW ¹⁾	78,5 MW ¹⁾	
Angin dan Hybrid	3-6 m/s ~60 GW ¹⁾	3,1 MW ¹⁾	
Energi Laut	61 GW ²⁾ Gelombang: 1.995 MW ⁴⁾ Panas Laut (OTEC): 41.001 MW ⁴⁾ Arus Laut: 17.989 MW ⁴⁾	0,01 MW ²⁾	
Shale Gas	574 TSCF ⁴⁾		
Coal Bed Methane (CBM)	456,7 TSCF ⁴⁾		

Catatan:

- 1) Angka potensi dari Draft RUEN, 2016
- 2) Data Ratifikasi antara ESDM dan Asosiasi Energi Laut Indonesia (ASELI), 2014
- 3) Purwarupa Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), 2010
- 4) DJ EBTKE, 2014

Profile rata-rata penggunaan listrik FT UHAMKA pada bulan januari-oktober 2018 adalah 56.72 kWh perhari. Apabila profile ini dikaitkan dengan besarnya potensi insolasi harian sinar matahari yaitu 4.8 kWh sebagai penghasil energi listrik di DKI Jakarta, maka hal tersebut akan sangat layak untuk memanfaatkan energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan ini.

Untuk itu perlu dilakukan perhitungan dengan rumus-rumus yang sudah ada, guna mengetahui berapa besar energi yang dapat disuplay PLTS untuk memenuhi 10% kebutuhan listrik FT UHAMKA dalam satu hari. Berapa panel surya yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya tersebut.

2. TEORI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

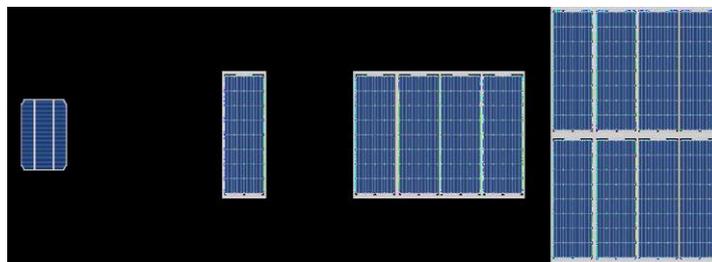
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah mengubah (konversi) energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel-sel surya. Energi listrik yang dihasilkan PLTS berbentuk DC (*Direct Current*). Bentuk DC ini bisa dirubah ke bentuk AC dengan menggunakan inverter. PLTS adalah pencatu daya yang dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik dari yang kecil sampai dengan yang besar, baik secara mandiri maupun hibrida.

2. 1. Sel Surya

Sel surya atau solar cell adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan prinsip efek photovoltaic. Sel surya tersusun dari dua lapisan semikonduktor yang berbeda muatan. Lapisan atas bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Bahan semikonduktor yang paling umum digunakan untuk sel surya adalah silikon.

Sel matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan foton. Ketika sel surya terkena sinar matahari, partikel foton pada matahari menghantam atom semikonduktor pada sel surya. Hantaman ini, menghasilkan energi yang cukup besar untuk memisahkan electron dari struktur atomnya, sehingga menjadi electron yang bergerak bebas. Adanya perpindahan elektron-elektron inilah yang mengalirkan arus dengan jumlah tertentu [6]

Pada aplikasinya, energi listrik yang dihasilkan dari satu modul sel surya masih cukup kecil, maka dalam pemanfaatannya beberapa modul digabungkan dengan cara hubungan seri maupun paralel yang disebut *array*. Bentuk *array* inilah yang diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Hirarki modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



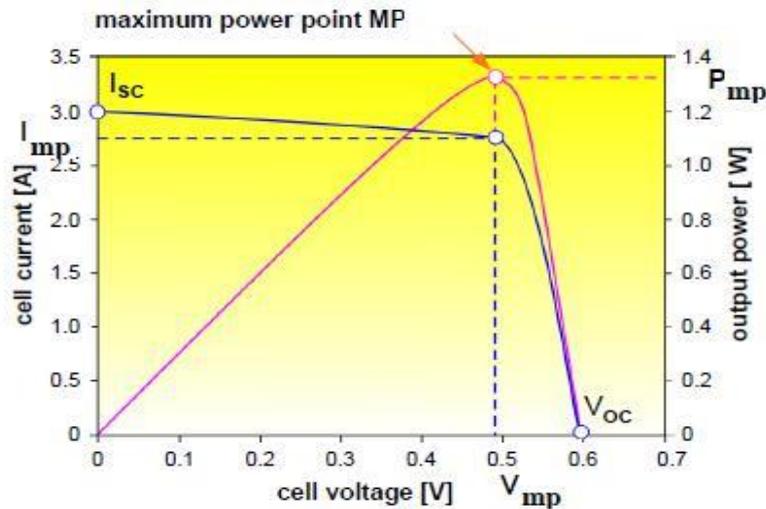
Gambar 1. Hirarki Modul Sel Surya (Sel-Modul-Array)[7]

2. 2. Karakteristik Sel Surya

Sel surya memiliki kurva karakteristik yang menunjukkan hubungan antara arus dengan tegangan keluaran (kurva I-V) dan daya dengan tegangan keluaran sel surya (kurva P-V). Pada saat berada pada titik kerja maksimal maka daya keluaran yang dihasilkan akan maksimal. Tegangan di *maximum power point* (V_{MPP}) lebih kecil dari tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dan arus saat MPP adalah lebih rendah dari arus short circuit (I_{sc}) [1].

- Short Circuit Current* (I_{sc}) : terjadi pada suatu titik dimana tegangannya adalah nol, sehingga pada saat ini, daya keluaran juga nol.
- Open Circuit Voltage* (V_{oc}) : terjadi pada suatu titik dimana arusnya adalah nol, sehingga pada saat ini pun daya keluaran adalah nol.

- c. *Maximum Power Point (MPP)* : adalah titik daya output maksimal, yang sering dinyatakan sebagai “*knee*” dari kurva I-V.



Gambar 2. Kurva Karakteristik Arus-Tegangan dan Daya-Tegangan pada Sel Surya.[1]

2. 3. Komponen-komponen PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya, umumnya terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

2. 3. 1. Panel (Modul) Surya

Komponen utama dari PLTS adalah panel surya atau modul surya. Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor (umumnya silikon) yang apabila disinari oleh cahaya matahari dapat menghasilkan arus listrik. Panel ini tersusun dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Sebuah sel surya umumnya terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung ukuran panel[1]. 1Jenis panel surya yang terjadi di pasaran saat ini, antara lain adalah :

1. Monokristal Silikon (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Merupakan panel surya / solar cell yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

3. *Amorphous silicon*

Silikon amorf (a-Si) adalah tipe panel dengan harga yang paling murah akan tetapi efisiensinya paling rendah.

Pengoperasian maksimum panel surya sangat tergantung pada hal sebagai berikut :

1. Temperatur

Sebuah panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperature yang diterimanya tetap pada temperature 25°C. Jika kenaikan temperature lebih tinggi dari temperature normal akan melemahkan tegangan (V_{OC}) yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperature panel surya 1°C (dari 25°C) akan mengakibatkan berkurang total daya yang dihasilkan sekitar 0.5%. Rumus untuk menghitung daya yang berkurang pada saat temperature di sekitar panel surya mengalami kenaikan °C dari temperature standarnya, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{saat\ naik\ ^\circ C} = 0.5\%/^\circ C \times P_{MPP} \times \text{kenaikan temperatur } (^\circ C) \dots\dots(1)$$

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperature naik menjadi ot dari temperature standar diperhitungkan dengan rumus :

$$P_{MPP\ saat\ t\ naik\ t^\circ C} = P_{MPP} \times P_{saat\ t\ naik\ t^\circ C} \dots\dots\dots(2)$$

Faktor koreksi temperatut (Temperature Correction Factor) diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$TCF = \frac{P_{MPP\ saat\ t\ naik\ t^\circ C}}{P_{MPP}} \dots\dots\dots(3)$$

2. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari akan berpengaruh pada daya keluaran panel surya. Semakin rendah intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya maka arus (I_{SC}) akan semakin rendah. Hal ini membuat titik Maksimum Power Point berada pada titik yang semakin rendah.

3. Orientasi Panel Surya (Array)

Orientasi dari rangkaian pada panel surya (array) ke arah matahari adalah penting, agar panel surya (array) dapat menghasilkan energi maksimal.

4. Sudut Kemiringan Panel Surya (Array)

Sudut kemiringan memberikan dampak yang besar terhadap radiasi matahari di permukaan panel surya. Untuk sudut kemiringan tetap, daya maksimum selama satu tahun akan diperoleh ketika sudut kemiringan panel surya sama dengan lintang lokasi.

2. 3. 2. Change Controller

Change controller digunakan untuk mengatur pengisian arus searah dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus searah dari baterai ke peralatan listrik (beban). Change controller dapat mendeteksi kapasitas baterai, bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Pengguna PLTS dapat mengendalikan konsumsi energi menurut ketersediaan listrik yang terdapat di dalam baterai dari informasi dari change controller.

2. 3. 3. Baterai

Ada dua jenis baterai isi ulang yang dapat dipergunakan untuk sistem PLTS yaitu baterai Asam Timbal dan baterai Nickel Cadmium. Baterai pada PLTS mengalami proses siklus mengisi (charging) dan mengosongkan (discharging), tergantung paa ada tidaknya sinar matahari. Pada saat ada sinar matahari, panel surya akan menghasilkan energi listrik. Apabila energi listrik yang dihasilkan melebihi kebutuhan beban, maka energi listrik tersebut akan segera dipergunakan untuk mengisi baterai. Kapasitas baterai dinyatakan dalam satuan ampere-hour (Ah). Nilai Ah pada baterai menunjukkan nilai arus yang dilepaskan, dikalikan dengan lamanya waktu untuk pelepasan.

2. 3. 4. Inverter

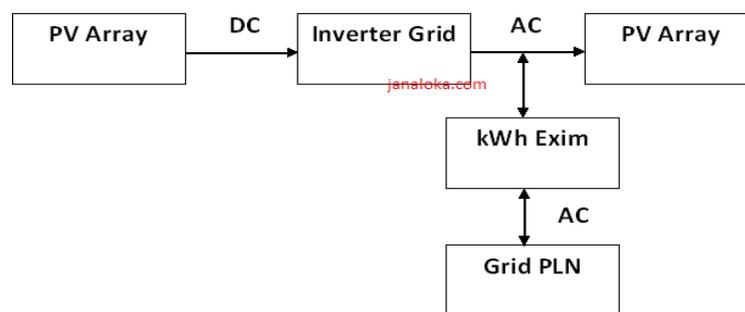
Inverter adalah peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah dari panel surya atau baterai menjadi arus listrik bolak-balik. Dengan frekuensi 50 Hz/60 Hz. Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sebesar 90%.

2.4. Sistem PLTS

Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (on-grid) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri (stand alone) atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (off-grid)[7]. Jenis system PLTS on-grid ada PLTS rooftop (terpasang di atap) dan PLTS skala utilitas. Sedangkan untuk PLTS off-grid jenisnya ada PLTS tersebar (SHS), PLTS Komunal atau terpusat, dan PLTS hibrida[6].

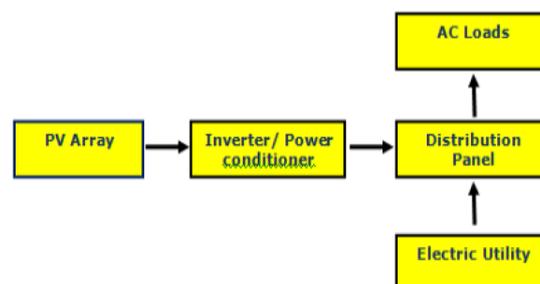
2. 4. 1. PLTS Grid Connected

Sistem PLTS-Grid Connected pada dasarnya adalah menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik (PLN) seperti pada blok diagram gambar 3 dibawah. Komponen utama dalam system ini adalah inverter grid atau Power Conditioning Unit (PCU). Inverter inilah yang berfungsi mengubah daya DC yang dihasilkan oleh PLTS menjadi daya AC sesuai dengan persyaratan dari jaringan listrik yang terhubung (utility grid).



Gambar 3. Diagram Sistem PLTS - *Grid Connected*[1]

Apabila penggabungan PLTS dengan jaringan listrik (PLN), dilakukan pada sisi konsumen (setelah kWh meter) maka diagram sistemnya dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Diagram Sistem Hibrida PLTS - *Electric Utility*[1]

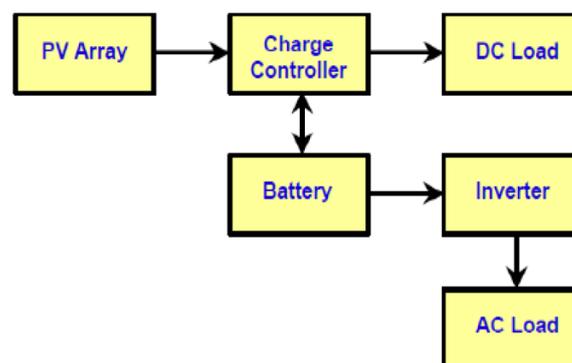
Salah satu persyaratan wajib adalah system PLTS harus memiliki anti islanding, yaitu kemampuan otomatis system untuk ikut terputus (mati) ketika sumber koneksi PLN putus. Hal ini penting untuk menjaga keamanan dan keselamatan pengguna dalam jaringan yang tidak dialiri listrik PLN tersebut.

Untuk penggunaan klasifikasi jenis PLTS berdasarkan konfigurasi komponen koneksi ke PLN, ada 2 jenis aplikasi yang dapat digunakan, yaitu :

1. Paralel; dimana produksi daya PLTS hanya digunakan untuk konsumsi pengguna, tanpa ada transfer pengiriman daya PLTS tersebut ke jaringan luar. Penggunaan untuk rumah, bisnis dan industry diperbolehkan, dengan izin dari pihak PLN.
2. EXIM; dimana produksi daya PLTS di transfer ke jaringan luar dan secara bersamaan dapat digunakan untuk konsumsi pengguna. Pada jenis ini, ada 2 metode yang berlaku:
 - a. Net metering; dimana daya yang diproduksi (jual) dan konsumsi (beli) dapat ditukar dalam bentuk daya kWh. Indonesia telah melegalkan dan mengatur kegiatan ini, baik untuk rumah tangga, bisnis, ataupun industry.
 - b. feed metering; dimana daya yang diproduksi (jual) dan konsumsi (beli) dapat ditukar dalam bentuk uang. Indonesia belum sepenuhnya mengatur hal ini, terutama untuk rumah tangga dan bisnis, namun untuk skala besar, seperti IPP, telah diatur kebijakan dan peraturannya.

2. 4. 2. PLTS Off Grid (*Stand Alone*)

PLTS off-grid atau PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*), beroperasi tanpa terhubung dengan jaringan PLN. Energi listrik yang dihasilkan di siang hari akan disimpan dalam baterai sebelum digunakan. Ada dua konfigurasi sistem PLTS off-grid yang umum digunakan, yaitu sistem penyambungan AC atau AC-Coupling dan penyambungan DC atau DC-coupling. Sistem AC-coupling menghubungkan rangkaian modul surya dan baterai ke sisi AC melalui inverter jaringan dan inverter baterai. Jika ada kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban, maka kelebihan daya akan dikonversi kembali ke DC oleh inverter baterai dan energi akan disimpan dalam baterai. Sistem DC-coupling menghubungkan rangkaian modaul fotovoltaik ke sisi DC system PLTS melalui *solar charge controller*. Gambar menunjukkan diagram dari PLTS yang berdiri sendiri.



Gambar 5 Diagram PLTS Yang Berdiri Sendiri[1]

Daya DC yang dihasilkan oleh panel surya sistem pembangkit dikirim ke alat kontrol SCC (*solar charge controller*) untuk melakukan pengisian daya ke baterai dan atau melayani beban DC. Alat kontrol SCC ini juga mengatur dan mengamankan kelebihan pengisian pada saat baterai sudah penuh.

Untuk memenuhi kebutuhan beban DC daya digunakan langsung dari baterai yang telah diisi oleh panel surya, dengan rangkaian melalui alat kontrol (SCC). Hal ini berfungsi untuk mengatur dan mengamankan penggunaan daya berlebih ketika kapasitas baterai sudah tidak mencukupi.

Untuk memenuhi daya AC, dapat menggunakan inverter. Arus searah DC yang berasal dari baterai akan dikonversi oleh komponen inverter menjadi arus listrik bolak balik (AC). Sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban listrik AC (sama seperti listrik PLN), seperti lampu penerangan, pompa air bahkan televisi dan kulkas.

2. 5. Kapasitas Komponen PLTS

Jumlah Panel Surya yang akan digunakan tergantung pada daya (Wattpeak) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi diperhitungkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut (Nafeh, 2009)

2. 5. 1. Menghitung Area Array (PV Area)

Area array (PV Area) diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PV\ Area = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana : E_L = pemakaian energi (kWh/hari)

G_{av} = isolasi harian matahari rata-rata (kWh/m²/hari)

η_{PV} = efisiensi panel surya

η_{out} = efisiensi inverter

2. 5. 2. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (Wattpeak)

Dari perhitungan area array, maka besar-daya yang dibangkitkan PLTS (Wattpeak) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{Wattpeak} = Area\ array \times PSI \times \eta_{PV} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana : PSI Peak Solar Insolation = 1000 W/m²

η_{PV} = efisiensi panel surya

Selanjutnya berdasarkan daya yang akan dibangkitkan (P_{Wpeak}), maka jumlah panel surya yang diperlukan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Jumlah\ Panel\ Surya = \frac{P_{Wattpeak}}{P_{MPP}} \dots \dots \dots (6)$$

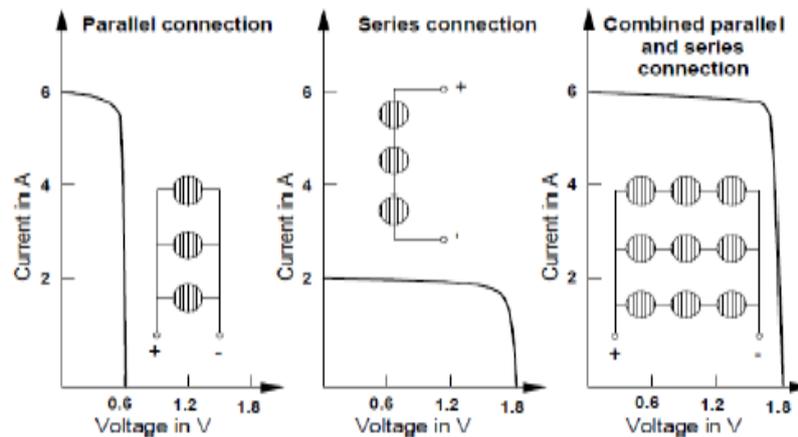
Dimana : $P_{Wattpeak}$ = Daya yang dibangkitkan

P_{MPP} = Daya maksimum keluaran panel surya (W)

Untuk memperoleh besar tegangan, arus dan daya yang sesuai dengan kebutuhan, maka panel-panel surya tersebut harus dikombinasikan secara seri dan parallel dengan aturan sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan keluaran panel surya, maka dua buah atau lebih panel surya harus dihubungkan secara seri.
2. Untuk memperoleh arus keluaran yang lebih besar dari arus keluaran panel surya, maka dua buah atau lebih panel surya harus dihubungkan secara paralel.

3. Untuk memperoleh daya keluaran yang lebih besar dari daya keluaran panel surya, dengan tegangan yang konstan maka panel-panel surya harus dihubungkan secara seri dan parallel.



Gambar 6. Hubungan Panel Surya[1]

2. 5. 3. Kapasitas Charge Controller

Charge controller diperlukan untuk melindungi baterai dari pengosongan dan pengisian berlebih. Masukan dan keluaran untuk charge controller disesuaikan dengan arus (I_{MPP}) keluaran array dan tegangan baterai, V_B .

2. 5. 4. Kapasitas Baterai

Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian menurut Lynn (2010), dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$c = \frac{NxE_d}{V_sxDODx\eta} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana : C = Kapasitas baterai (Ah)

N = Hari-hari otomatis (hari)

Ed = Konsumsi energi listrik

Vs = Tegangan baterai (volt)

DOD = Kedalaman maksimum untuk pengosongan baterai

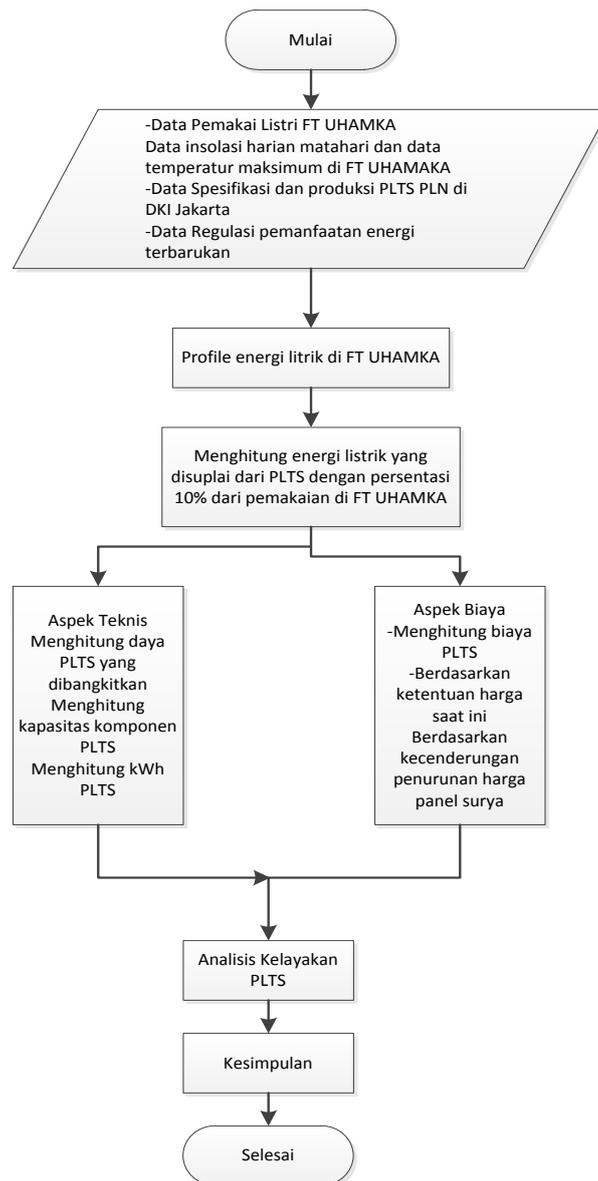
η = Efisiensi baterai x efisiensi inverter

2. 5. 5. Kapasitas Inverter

Pada pemilihan inverter, diupayakan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya yang dilayani. Hal ini agar efisiensi kerja inverter menjadi maksimal[1].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perhitungan dengan persamaan – persamaan praktis. Konsep penelitian yang digunakan adalah melakukan perhitungan dengan rumus-rumus yang sudah ada untuk menemukan berapa jumlah solar cell yang dibutuhkan untuk memenuhi 10% listrik di FT UHAMKA.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Disain Penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data jumlah pemakaian energi listrik FT UHAMKA, data beban yang terpasang, data insolasi harian matahari dan data temperature maksimum di daerah DKI Jakarta
2. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS jika direncanakan PLTS yang dirancang mensuplai energi listrik sebesar 10% dari rata-rata pemakaian listrik FT UHAMKA.
3. Menghitung daya yang akan dibangkitkan PTS
 - a. Menghitung Area Array (PV Area)
 - b. Menghitung daya yang dibangkitkan
 - c. Menghitung kapasitas komponen PLTS
 - d. Menghitung kapasitas inverter berdasarkan kapasitas beban yang harus dilayani.

4. Menentukan pemasangan panel surya
5. Menghitung kwh produksi PLTS

4. PERENCANAAN PLTS

Wilayah penelitian adalah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. Dr HAMKA (FT UHAMKA) yang terletak di JalanTanah Merdeka no 6 Jakarta Timur. Gedung FT UHAMKA terdiri dari 5 lantai dengan luas permukaan atap gedung $\pm 570 \text{ m}^2$.

Energi listrik FT UHAMKA disupply oleh PLN dengan kapasitas daya sebesar 345 kVA. Fakultas juga memiliki genset berkapasitas 500 kVA, yang dipergunakan sebagai cadangan listrik apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN.

Secara garis besar sistem kelistrikan di FT UHAMKA terdiri dari satu Main Distribution Panel (MDP) yang terbagi menjadi 8 Sub Distribution Panel (SDP) yaitu SDP Panel lift, Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4, Bengkel, Pompa 1 dan Pompa 2 yang terdistribusi pada 5 lantai gedung FT UHAMKA.

Penggunaan listrik di FT UHAMKA terdistribusi pada perangkat-perangkat yang menggunakan listrik antara lain lift, air conditioner (AC), lampu, komputer, laptop, infocus, printer, mesin air, alat-alat laboratorium. Pembagian ruang per lantai adalah lantai 1 terdapat ruang perkantoran Fakultas Teknik yang terdiri dari ruang pimpinan, ruang rapat, ruang sekretariat, ruang dosen, mushola dan kamar mandi, lantai 2 terdapat ruang laboratorium, mushola dan kamar mandi, lantai 3 terdapat ruang kelas, perpustakaan dan kamar mandi dan pada lantai 4 terdapat ruang kuliah, ruang gambar dan kamar mandi.

4.1 Profile Energi Listrik FT UHAMKA

Penggunaan listrik FT UHAMKA selama 10 bulan dari januari-oktober 2018 adalah seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Penggunaan Listrik FT UHAMKA Tahun 2018

Bulan	Pemakaian Listrik Per Bulan	Pemakaian Listrik Per Hari
1	17497.19	583.24
2	16974.39	565.81
3	11370.32	379.01
4	18006.65	600.22
5	17607.88	586.93
6	16999.28	566.64
7	13033.4	434.45
8	20616.63	687.22
9	15848.77	528.29
10	22206.37	740.21
JUMLAH	170160.88	5672.03
RATA-RATA	17016.088	567.20

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa rata-rata penggunaan listrik FT UHAMKA perbulan pada 10 bulan pada tahun 2018 adalah 17,016.088 kWh dan rata-rata penggunaan perhari adalah 567.20 kWh. Harga per kWh adalah Rp 1467.28,-.

4.2 Menghitung Energi Listrik yang akan disuplai dari PLTS

Jika PLTS yang direncanakan untuk mensuplai energi listrik 10% dari pemakaian listrik per hari FT UHAMKA, maka besar pemakaian energi listrik (E_L) yang disuplai oleh PLTS adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_L &= 10\% \times \text{Pemakaian energi listrik rata - rata FT UHAMKA} \\ &= 10\% \times 567.20 \text{ kWh} \\ &= 56.72 \text{ kWh} \end{aligned}$$

4.3 Menentukan Sistem PLTS

Sistem PLTS yang akan dikembangkan di FT UHAMKA adalah sistem PLTS hybrid dengan suplai listrik PLN, yang penggabungannya dilakukan pada sisi konsumen (setelah kWh meter). Sistem PLTS hibrida dengan suplai listrik PLN ini, terdiri dari komponen PV array dan inverter.

4.4 Daya yang Dibangkitkan PLTS (Watt peak)

4.4.1. Menghitung Area Array (PV Area)

Luas area array diperhitungkan dengan mempergunakan rumus 4 sebagai berikut:

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{Out}}$$

Besar pemakaian energi listrik (E_L) FT yang akan disuplay oleh PLTS adalah 56.72 kWh. Untuk nilai insolasi rata-rata harian matahari (G_{av}) tahun 2016, yaitu sebesar 4.8 kWh/m² (data dapat dilihat pada tabel 1). Umumnya panel surya (η_{PV}) hanya memiliki efisiensi sekitar 20%.

Setiap kenaikan temperature 1°C dari temperature standar panel surya, maka akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0.5% [1]. Data temperature maksimum untuk DKI Jakarta pada dalam rentang waktu 2015 adalah sebesar 35.2°C. Data temperature ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu 10.2°C dari suhu standar (25°C) yang diperlukan oleh panel surya. Besarnya daya yang berkurang pada saat temperature di sekitar panel surya mengalami kenaikan 10.2°C dari temperature standarnya, diperhitungkan dengan menggunakan rumus 1 berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{saat } t \text{ naik } 10^\circ\text{C}} &= 0.5\% / (^\circ\text{C}) \times P_{MPP} \times \text{kenaikan temperatur } (^\circ\text{C}) \\ &= 0.5\% / (^\circ\text{C}) \times 150 \text{ W} \times 10.2^\circ\text{C} \\ &= 7.65 \text{ W} \end{aligned}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperature naik menjadi 35.2°C, diperhitungkan dengan rumus 2.

$$\begin{aligned} P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik } t^\circ\text{C}} &= P_{MPP} - P_{\text{saat } t \text{ naik } t^\circ\text{C}} \\ P_{MPP \text{ saat } t = 35.2^\circ\text{C}} &= 150 \text{ W} - 7.65 \text{ W} \\ &= 142.35 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 35.2°C, maka nilai TCF dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik } t^{\circ}C}}{P_{MPP}}$$

$$TCF = \frac{142.35 \text{ W}}{150 \text{ W}} = 0.95$$

Efisiensi out (η_{out}) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS seperti: baterai, charge controller, dan inverter. Karena PLTS yang akan dikembangkan di FT UHAMKA hanya dilengkapi dengan inverter maka nilai untuk η_{out} ditentukan berdasarkan efisiensi inverter, yaitu sebesar 0.9.

Apabila nilai EL, G_{av} , η_{PV} , TCF dan η_{out} disubsitusikan pada rumus Maka akan diperoleh bahwa :

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}}$$

$$PV \text{ Area} = \frac{56.72 \text{ kWh}}{\frac{4.8 \text{ kWh}}{m^2} \times 0.2 \times 0.95 \times 0.9}$$

$$= 69.1 \text{ m}^2$$

4. 4. 2. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (Watt peak)

Dari data area array (PV area), maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (Watt peak) dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$P \text{ Watt peak} = \text{area array} \times PSI \times \eta_{PV}$$

Dengan area array 0.89 m², Peak sun Insolation (PSI) adalah 1000 W/m² dan efisiensi panel surya adalah 20% maka :

$$P \text{ Watt peak} = 69.1 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0.2$$

$$= 13,820 \text{ Watt peak}$$

4. 5. Menghitung Kapasitas Komponen PLTS

Bagian ini akan membahas tentang perhitungan jumlah komponen panel surya dan kapasitas inverter dalam PLTS.

4.5.1. Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya yang diperlukan sebagai acuan adalah panel surya yang memiliki spesifikasi P_{MPP} sebesar 150 W per panel. Sehingga berdasarkan spesifikasi tersebut maka jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS yang akan dikembangkan dapat diperhitungkan dengan rumus.

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{Watt \text{ peak}}}{P_{MPP}}$$

$$= \frac{13820 \text{ Wp}}{150 \text{ W}} = 92.13$$

$$= 92 \text{ panel surya}$$

Pada saat ini kebutuhan energi listrik FT UHAMKA disuplay oleh PLN dengan kapasitas daya 345 kVA. Kapasitas daya tersebut menunjukkan bahwa FT UHAMKA ini termasuk pelanggan satu fasa. Sehingga jumlah total panel yang diperlukan untuk adalah 2 panel. $P_{wattpeak}$ PLTS yang akan dikembangkan dengan jumlah panel surya sebanyak 2 panel adalah :

$$\begin{aligned}
 P_{Watt\ peak} &= P_{MPP} \times \text{Jumlah panel surya} \\
 &= 150 \times 92 \\
 &= 13800 \text{ Watt peak}
 \end{aligned}$$

Dari nilai $P_{Wattpeak}$ sebesar 300 W maka luas area array dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Area PLTS} &= \frac{P_{Wattpeak}}{PSI \times \eta_{PV}} \\
 &= \frac{13800 \text{ W}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0.2} = 69 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan panel surya sebanyak 69 buah. Adapun rangkaian panel berbentuk array untuk satu fasa adalah terdiri dari 6 rangkaian string yang terhubung parallel dengan 1 rangkaian terdiri dari 12 panel yang terhubung seri. Panel surya yang dipergunakan sebagai acuan adalah panel surya dengan spesifikasi $V_{MPP} = 34.5 \text{ V}$, $I_{MPP} = 4.35 \text{ A}$ dan $P_{MPP} = 150 \text{ W}$ per panel. Dengan spesifikasi tersebut maka besar V_{MPP} , I_{MPP} , dan P_{MPP} pada array dapat diperhitungkan sebagai berikut : V_{MPP} array adalah $34.5 \text{ V} \times 12 = 414 \text{ V}$, I_{MPP} array adalah $4.35 \text{ A} \times 6 = 26.1 \text{ A}$ dan P_{MPP} array adalah $414 \text{ V} \times 26.1 \text{ A} = 1,0805.4 \text{ W}$

4.5.2. Menghitung Kapasitas Inverter

Inverter yang digunakan diupayakan mempunyai kapasitas kerja yang mendekati kapasitas daya yang akan dilayani agar kerja inverter menjadi maksimal. Untuk mendapatkan energi yang maksimal maka pemasangan rangkaian panel surya ke arah yang penting untuk diperhatikan. Letak geografis FT UHAMKA berada pada posisi Lintang Utara-6.25 dan Bujur Timur 106.9[8] menunjukkan bahwa FT UHAMKA berada di wilayah bumi barat. Berdasarkan hal tersebut, maka pemasangan panel surya untuk PLTS yang akan dikembangkan, akan diarahkan ke Timur.

5. KESIMPULAN

Sistem PLTS dapat dikembangkan di Fakultas Teknik UHAMKA menggunakan system PLTS hybrid dengan suplai listrik PLN. Penggunaan daya rata-rata FT UHAMKA dalam 10 bulan terakhir adalah 567.20 kWh. Suplai listrik yang direncanakan di cover oleh sistem PLTS adalah sebesar 10%. Sehingga daya yang harus dibangkitkan dari PLTS perhari adalah 56.72 kWh. Besar daya tersebut, akan bisa diperoleh jika menggunakan panel surya kapasitas 150 Wp sebanyak 92 buah.

REFERENSI

- [1] I. D. A. S. Santiari, "Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali," Tesis, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana, Bali, 2011.
- [2] H. Hasan, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi," *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, p. 169, 2012.
- [3] A. R. F. S. P. Hasyim Asy'ari, "Pemanfaatan Solar Cell Dengan PLN Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tangga," *Jurnal Emitor*, 2015.

- [4] N. M. Karmiathi, "Rancang Bangun Modul Solar Cell Dengan Memanfaatkan Komponen," *Jurnal Logic*, p. 45, 2011.
- [5] S. Nugraha, "Out Look Energi Indonesia," Sekretaris Negara Dewan Energi Nasional, 2016.
- [6] S. H. Subandi, "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell," *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol. 7 No. 2, p. 157, 2015.
- [7] Ing Bagus Ramadhani, "Buku Panduan Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya", Dirjen EBTKE, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) Republik Indonesia, Jakarta, 2018.
- [8] A. A. K. N. Meita Rumbayan, "Renewable and Sustainable Energy Reviews," *Journal homepage :www.elsevier.com/locate/rser*, pp. 1437-1449, 16 januari 2012.