

**MENINGKATKAN PERAN ENERGI BERSIH LEWAT PEMANFAATAN
SINAR MATAHARI
IMPROVE THE ROLE OF CLEAN ENERGY THROUGH THE UTILIZATION
OF SUN RAYS**

Tati Artiningrum¹, Jonny Havianto²

¹Program Studi Teknik Lingkungan; Fakultas Teknik, Perencanaan dan Arsitektur
Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Praktisi

e-mail: ¹artiningrumtati@yahoo.co.id ; ²jonnyhavianto@gmail.com

Abstrak

Dalam 10 tahun terakhir antara tahun 2004 sampai 2013 pemanfaatan energy surya sebagai tenaga listrik meningkat pesat dari 3,7 GW menjadi 139 GW. Hal tersebut disebabkan adanya tuntutan dari Protocol Kyoto yang mewajibkan negara-negara maju untuk mengurangi emisi karbon. Sehingga energi surya yang bersifat renewable dan ramah lingkungan menjadi pilihan disamping energy angin. Di Indonesia kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) belum bersifat komersil. Salah satu PLTS yang dikembangkan sebagai pilot proyek untuk pengembangan PLTS di Indonesia adalah PLTS Cirata berkapasitas 1 MW. Untuk mengestimasi potensi tenaga surya yang berlimpahnya sebagai sumber energi, dilakukan penelitian menggunakan metodologi kualitatif dengan pendekatan studi literatur, analisis database PLTS, diskusi terfokus dan analisis deskriptif. Diharapkan dengan pengalaman dari PLTS Cirata dapat menjadi dukungan untuk pembangunan PLTS lain secara komersil. Untuk itu diperlukan dukungan pemerintah berupa pengukuran potensi tenaga surya di berbagai tempat, pengembangan industri fotovoltaic, serta feed-in tariff yang menarik bagi pengembang PLTS.

Kata kunci : Energi Bersih, Sinar Matahari, Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Abstract

In the last 10 years between 2004 and 2013 the use of solar energy as electricity increased rapidly from 3.7 GW to 139 GW. This is due to the demands of the Kyoto Protocol which requires developed countries to reduce carbon emissions. So that solar energy that is renewable and environmentally friendly becomes an option besides wind energy. In Indonesia the installed capacity of Solar Power Plants (PLTS) is not yet commercial. One of the PLTS that was developed as a pilot project for the development of PLTS in Indonesia is the Cirata PLTS with a capacity of 1 MW. To estimate the abundant potential of solar power as an energy source, research was conducted using a qualitative methodology with a literature study approach, PLTS database analysis, focused discussion and descriptive analysis. It is hoped that the experience of Cirata PLTS can be support for the development of other commercial PLTS. For this reason, government support is needed in the form of measurement of the potential of solar power in various places, the development of the photovoltaic industry, as well as feed-in tariffs that are attractive to PLTS developers.

Key Words : *Clean Energy, Sunlight, Solar Power Plants*

1. PENDAHULUAN

Matahari merupakan salah satu sumber energi yang dapat dihasilkan dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Dengan penerapan teknologi, energi surya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi dalam bentuk listrik atau energi thermal (panas). Energi tersebut dihasilkan dari radiasi cahaya matahari dengan berbagai panjang gelombang, mulai dari ultraviolet, cahaya tampak, sampai infrared dari spektrum elektromagnetik. Pemanfaatan matahari sebagai sumber energy dipicu oleh timbulnya kesadaran internasional terhadap isu pencemaran lingkungan seperti yang disepakati pada Protocol Kyoto atau UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change) pada tahun 1997, yang mewajibkan negara-negara maju untuk mengendalikan dan mengurangi emisi karbon. Sejak kesepakatan Protocol Kyoto tersebut kemajuan pemanfaatan energi surya meningkat secara signifikan. Pemanfaatan energi surya di Indonesia telah diarahkan untuk penyediaan listrik di pedesaan atau daerah-daerah yang letaknya sulit untuk dijangkau oleh instalasi listrik pedesaan. Sektor-sektor yang banyak memanfaatkan instalasi PLTS, diantaranya adalah :

- Di mesjid-mesjid atau rumah peribadatan.
- Puskesmas atau pelayanan kesehatan di desa-desa.
- Instansi pemerintah utamanya kantor pelayanan umum pemerintah.
- Lampu-lampu penerangan listrik di jalan.
- Pompa-pompa air untuk pengairan irigasi atau sumber air minum.
- Solar Home System (SHS) untuk penerangan di rumah-rumah.

Photovoltaic Power Plant atau PV Power Plant di Indonesia biasa disebut sebagai Pembangkit listrik tenaga surya atau PLTS, menurut Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral (2015) , dengan kapasitas terbesar yaitu 5 megawatt (MW) rencananya akan beroperasi tahun 2017 di Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT). untuk kapasitas besar lainnya yang juga akan akan beroperasi diantaranya PLTS Atambua, Sumba Timur dan Maumere dengan yang juga terletak di NTT dengan kapasitas masing - masing 1 MW, 1 MW dan 2 MW, PLTS Gorontalo dengan kapasitas 2 MW dan PLTS Kotabaru, Kalimantan Selatan dengan kapasitas 2MW. PLTS memiliki berbagai Keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya:

- Sumber energi yang mudah didapatkan.
- Ramah lingkungan.
- Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis.
- Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah.
- Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai.

Rencana kedepannya, PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) menargetkan 99,9 persen wilayah Indonesia Tahun 2019 akan mendapatkan akses Listrik tahun ini(katadata.co.id ,2018). Untuk mencapai rasio elektrifikasi tersebut, pemerintah akan membantu PLN dalam pengadaan listrik untuk 400 ribu rumah di daerah terpencil menggunakan sistem panel surya atau solar system dengan memfokuskan

pada dua wilayah yaitu di Nusa Tenggara Timur dan Papua Timur yang rasio elektrifikasinya masih di bawah 60 persen. Untuk emisi gas CO₂ yang dihasilkan atau sering disebut sebagai “jejak karbon” (carbon footprint), baik selama pembangunannya maupun saat operasi, hanya berasal dari proses manufaktur komponen serta proses pengerjaannya pada tempat dimana instalasi tersebut didirikan. Rendahnya emisi karbon yang dihasilkan, menjadi dasar studi kajian potensi pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber energi yang ramah lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengestimasi potensi tenaga surya yang berlimpahnya sebagai sumber energi surya yang belum dimanfaatkan secara optimal, untuk menerangi wilayah-wilayah di Indonesia yang belum terlistriki karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Ruang lingkup penelitian ini adalah Lokasi penelitian adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terletak di Jalan PLTA Cirata, Desa Cadassari, Kecamatan Tegal Waru, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat dan Parameter yang digunakan adalah Kapasitas terpasang dan jumlah listrik yang diproduksi perharinya dalam satuan kWp dan kWh perhari

2. Dasar Teori

2.1. Potensi Sumber Energi Terbarukan di Indonesia

Energi terbarukan merupakan sumber-sumber energi yang tidak dapat habis secara alamiah. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dsb. Tenaga Surya, tenaga Angin, biomassa dan tenaga Air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Energi terbarukan yang teknologinya tidak bisa diterapkan disembarang tempat diantaranya adalah panas bumi dan energi pasang surut. Misalnya, Indonesia yang memiliki sumber panas bumi yang melimpah, yaitu sekitar 40% dari sumber total dunia. Akan tetapi sumber-sumber ini berada di tempat-tempat yang spesifik dan susah dijangkau.

2.2 Potensi Energi Matahari

Energi matahari atau energi surya merupakan energi yang dikumpulkan secara langsung dari cahaya matahari. Tenaga surya hadir dalam bentuk panas dan cahaya. Energi dalam bentuk panas bisa dipakai secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa contoh dari pemakaian langsung adalah menghangatkan rumah, memasak dan menyediakan air panas. Sedangkan contoh pemakaian tidak langsung adalah pembangkit listrik tenaga surya dan angin.

Matahari bisa menjadi sumber energi yang sempurna untuk menyediakan tenaga listrik yang diperlukan di seluruh dunia. Sayangnya energi yang berasal dari matahari tidak bersifat homogen. Nilainya tidak saja bergantung kepada cuaca setiap hari, namun berubah-ubah sepanjang tahun. Artinya, energi yang tersedia untuk mengoperasikan peralatan listrik juga akan berubah-ubah. Setiap hari matahari terbit di timur dan ketika semakin tinggi di langit, maka volume energinya meningkat hingga mencapai puncaknya pada tengah hari.

Data yang paling penting dalam merencanakan suatu PLTS adalah radiasi matahari. Tingkat radiasi matahari dapat diperoleh dari data primer dan atau data sekunder. Yang paling akurat adalah data primer dengan cara melakukan pengukuran secara langsung tingkat radiasi di lokasi tersebut. Besarnya energi dalam sesaat disebut iradian (irradiance) dengan satuan W/m^2 . Sedangkan jumlah energi matahari yang dihasilkan oleh radiasi matahari tersebut dalam waktu tertentu disebut insolasi (insolation), dengan satuannya kWh/m^2 . Jika dalam sejam adalah $kWh/m^2/jam$ dan jika dalam sehari adalah $kWh/m^2/hari$. Data potensi energi matahari yang digunakan pada penelitian ini adalah data dari Surface meteorology and Solar Energy (National Aeronautics and Space Administration- NASA). Data intensitas Matahari dari NASA berupa potensi matahari rata-rata bulanan.

Untuk Indonesia, iradiasi cahaya matahari di Indonesia pun relatif konstan pertahunnya dikarenakan hanya terdapat dua musim, dibandingkan negara-negara dengan empat musim dimana pada musim-musim tertentu energi radiasi yang diterima akan berkurang. Data yang diperlukan pada perencanaan PLTS adalah potensi energi matahari yang bisa diperoleh pada lokasi PLTS. Data tersebut yaitu iradiasi atau insolasi yang berupa besaran kumulasi daya penyinaran matahari persatuan luas perwaktu tertentu atau perhari disuatu lokasi dengan satuan $kWh/m^2/hari$. Di Indonesia Timur, nilai insolasi berkisar antara (5-6) $kWh/m^2/hari$, sedangkan di Indonesia sebelah barat berkisar 4 $kWh/m^2/hari$. Parameter lain untuk memperkirakan potensi energi pada suatu lokasi adalah Peak Sun Hour atau Nilai PSH. Nilai PSH disuatu tempat dengan tempat lainnya bisa sama, bisa juga berbeda. Lokasi dengan iradian besar akan memberikan nilai PSH yang tinggi, begitu juga sebaliknya, lokasi dengan iradian rendah akan memberikan PSH rendah.

Emisi Karbon Yang Dihasilkan

Pada dasarnya setiap sistem pembangkit listrik akan menghasilkan emisi gas CO_2 atau sering disebut sebagai "jejak karbon" (carbon footprint) baik selama pembangunannya maupun saat operasi. Jejak karbon didefinisikan sebagai jumlah total gas CO_2 dan gas rumah kaca lainnya, yang dikeluarkan sepanjang siklus hidup penuh suatu proses atau produk. Untuk pembangkit listrik jejak karbon tersebut dihitung dalam gram ekuivalen gas CO_2 per kWh listrik yang dihasilkan ($gCO_2 eq/kWh$). Dalam operasinya, secara praktis pembangkit listrik tenaga surya tidak menghasilkan emisi yang berarti. Data jejak karbon untuk berbagai type pembangkit listrik dapat dilihat pada tabel berikut ini yang memperlihatkan PLTS memiliki jejak karbon yang sangat rendah sehingga dari sisi lingkungan, PLTS merupakan pembangkit yang ramah lingkungan.

Tabel 1. Jejak Karbon Berbagai Pembangkit Listrik

No.	Jenis Pembangkit Listrik	Jejak karbon ($gCO_2 eq/kWh$).
1.	PLTU Batubara	> 1.000

No.	Jenis Pembangkit Listrik	Jejak karbon (gCO ₂ eq/kWh).
2.	PLTG BBM	650
3.	PLTG Gas	500
4.	PLTU Biomasa	25 - 93
5.	Photovoltaik	58
6.	Energy laut	25 - 50
7.	PLTA dengan waduk	10-30
8.	PLTA tanpa waduk	< 5
9.	PLTN	5
10.	PLTB	4,64 - 5,25

Sumber : *Carbon Footprint of Electricity Generation, 2006.*

2.3 Jenis PLTS

Energi surya dapat dimanfaatkan melalui dua macam teknologi yaitu teknologi energi surya fotovoltaik dan teknologi energi surya termal. Energi surya fotovoltaik digunakan misalnya untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, komunikasi. Pemanfaatan energi surya termal banyak digunakan untuk penyediaan air panas rumah tangga, khususnya rumah tangga perkotaan. Jumlah pemanas air tenaga surya (PATS) diperkirakan berjumlah 150.000 unit dengan total luasan kolektor sebesar 400,000 m². Secara non-komersial dan tradisional, energi surya termal banyak digunakan untuk keperluan pengeringan berbagai komoditas pertanian, perikanan, perkebunan, industri kecil, dan keperluan rumah tangga.

Meskipun belum banyak dikembangkan, pemanfaatan energi surya termal untuk proses desalinasi pada daerah atau pemukiman dekat pantai kemungkinan besar akan berkembang mengingat mulai munculnya banyak kesulitan air di kawasan kawasan tersebut. Untuk memanfaatkan energi surya sebagai penyediaan tenaga listrik, terdapat 3 alternatif yaitu :

- Penyediaan listrik individual per rumah (Solar Home System)
- Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hybrid dengan pembangkit listrik lainnya (angin dll.) dan
- PLTS terintegrasi dengan jaringan listrik PLN yang ada.

2.4 PLTS Di Indonesia

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) , di Indonesia perkembangan dimulai sejak 1987 pada awal itu, BPPT dimulai dengan pemasangan 80 unit PLTS (Solar Home System, system pembangkit listrik, tenaga tata surya untuk lampu penerang rumah) di Desa Sukatani Jawa Barat. Setelah itu pada tahun 1991 dilanjutkan dengan proyek bantuan presiden tenaga surya untuk pemasangan 13445 unit SHS di 15 propinsi. Program listrik tenaga surya masuk desa merupakan program bantuan presiden yang

disambut menggembirakan oleh masyarakat perdesaan. Terbukti, program ini dapat berjalan dengan baik akan dijadikan model guna implementasi program listrik tenaga surya untuk sejuta rumah.

Tabel 2. Lokasi PLTS Di Indonesia

No	Lokasi	Kapasitas
1	Kab. Kangasem, Bali	1 MW
2	Kab. Bangli, Bali	1 MW
3	Pulau Gili Trawangan (NTB)	600 kWp
4	Pulau Gili Air (NTB)	160 kWp
5	Pulau Gili Neno (NTB)	60 kWp
6	Pulau Medang, Sekotok, Moyo, Bajo Pulo, Maringkik dan Lantung	900 kWp
7	PLTS Raijua di Kab Sabu Raijua, NTT	150 kWp
8	PLTS Nule di Kab. Alor, NTT	250 kWp
9	PLTS Pura di Kab. Alor, NTT	175 kWp
10	PLTS Solor Barat di kab.Flores Timur, NTT	275 kWp
11	PLTS Morotai di Maluku Utara	600 kWp
12	PLTS Kelang di Maluku	100 kWp
13	PLTS Pulau Tiga (Maluku)	75 kWp
14	PLTS Banda Naira (Maluku)	100 kWp
15	PLTS Pulau Panjang (Maluku)	115 kWp
16	PLTS Makowa (Maluku)	115 kWp
17	PLTS Tioor di Maluku	100 kWp
18	PLTS Kur di Maluku	100 kWp
19	PLTS Kisar di Maluku	100 kWp
20	PLTS Wetar di Maluku	100 kWp
21	PLTS Kabaena (Sulawesi Tenggara)	200 kWp

Sumber : alamendah.org,2014.

PLTS 5 MWp terbesar dan pertama di Indonesia, Power Producer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (IPP PLTS) berlokasi di desa Oelpuah – Kupang Tengah, Nusa Tenggara Timur, memiliki panel surya di lahan seluas 7 hektare(kompas.com,2015). ekerja

secara grid-connected. Artinya, PLTS ini tak memiliki baterai sebagai storage karena harganya masih mahal. Daya dari PLTS akan dialirkan langsung ke jaringan listrik utama untuk menambah pasokan dan bekerja secara paralel.

2.5 PLTS Cirata

PT PLN (persero), pada tanggal 12 Oktober 2015 meresmikan pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terbesar di pulau Jawa berkapasitas 1 Megawatt Peak (MWp). Terletak di Jalan PLTA Cirata, Desa Cadas Sari, Kecamatan Tegal Waru, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, PLTS ini dikelola oleh PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) Unit Pembangkitan Cirata diatas lahan seluas 1,5 hektar dengan luas area PV sekitar 0,9 Ha di kawasan PLTA Cirata melengkapi fasilitas Cirata Green Energy Campus (C-Gen Campus) yang merupakan pusat studi pembangkit energi baru terbarukan PJB. Proyek yang dimulai tahun 2014 ini , Kapasitas terpasang 1040KWp, Teknologi Modul Surya yang digunakan berupa Thin Film CIS (Solar Frontier), memproduksi 3000 – 5500 KWh / Hari (PT Pembangkitan Jawa Bali, PLTS Cirata, 2016). Teknologi pembangkit memakai Thin Film CIS dengan efisiensi tertinggi yang masih langka di Indonesia. Dua jenis inverter dan dua jalur output dipasang pada PLTS itu. Sentral inverter dan string inverter dipasang berdampingan energi listrik yang dihasilkan dialirkan melalui dua jalur output. Satu jalur output mengarah ke jaringan PLTA Cirata untuk kemudian diteruskan ke jaringan 500 kV. Jalur lainnya ke jaringan tegangan menengah PLN yang bersifat lokal. Kedua output itu untuk mengamati karakteristik PLTS pada jaringan yang berbeda.

2.6 Komponen PLTS

PLTS merupakan suatu system yang terdiri dari berbagai perangkat yang di dalam kinerjanya tergantung kepada kondisi sumber energy matahari/radiasi matahari. Oleh sebab itu pemilihan lokasi PLTS merupakan salah satu pertimbangan disain untuk dapat diperoleh tenaga listrik yang sebesar-besarnya. Konfigurasi utama dalam PLTS dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu sistem berdiri sendiri (Stand alone system), dan sistem yang dihubungkan ke utilitas/jaringan lain (utility connected system).

Komponen utama PLTS terdiri dari (Hand Out Disain PLTS Photovoltaic, PLN University Corporate, 2013):

- Modul (modules)
Modul sel surya yang digunakan adalah berdasar silikon, yaitu kristalin silikon (mono kristalin atau polikristalin) atau thin film. Usia teknis minimal modul sel surya dapat mencapai 20 tahun. Modul PV yang disatukan harus dari satu type dengan karakteristik parameter yang sama. Konstruksi penyatuan modul harus tersusun rapi, kuat dan kokoh;
- Sub larik (sub-array)
Bahan dan desain bangunan mampu mempertahankan panel surya dari terpaan angin dengan kecepatan sampai dengan 100 km/jam pada kemiringan panel sekitar (6 ± 1) derajat. Antar Larik Sel Surya harus tersedia jalan/ruang yang cukup untuk dilalui manusia guna pemeliharaan panel surya dan dilengkapi dengan sistem saluran air untuk pembersihan panel.



Sumber : PT Pembangkitan Jawa Bali, PLTS Cirata, 2016

Gambar 1. Tampak Atas PLTS Cirata

- **Array field**
Array field tersusun rapi pada beberapa baris yang simetris. Jarak antar masing- masing sub array harus cukup dapat dilewati personil untuk pemeliharaan. Sudut kemiringan dari tiap sub-array harus sama dan diarahkan pada titik maksimal datangnya radiasi matahari pada lokasi tersebut.
- **Interkoneksi listrik**
Interkoneksi listrik antar modul pada satu larik/array harus kuat dan tersambung secara baik. Interkoneksi dari masing-masing sub-array dapat dikelompokkan dan ditempatkan pada kotak terminal/box marshalling kios yang terlindung dengan baik, sehingga mudah untuk pengecekan saat pemeliharaan. Kotak kontrol interkoneksi listrik ini juga harus terbuat dari metal tahan karat atau bahan polimer.



Gambar 2. Sub-Array



Gambar 3. Array field

Pondasi Dan Pemasangan Struktur

Pondasi harus kuat dan kokoh dapat menopang sub-array dengan baik. Bagian pondasi harus ditinggikan, sehingga bagian kaki rangka dari struktur sub-array tidak terendam air pada saat hujan.



Gambar 4a Konstruksi penopang



Gambar 4b Pondasi PLTS

Peralatan proteksi

Peralatan proteksi yang terpasang harus sesuai dengan spesifikasi dan parameter modul yang diamankan.



Gambar 5 Papan Peringatan

Sistem Pembumian

Daerah dari sub-array harus juga terlindung dari sambaran petir, dengan memasang beberapa finial penangkap petir. Pembumian penangkap petir harus tersambung secara baik dan tersambung menjadi satu pembumian dengan sistem pembumian sub-array.

3. METODE PENELITIAN

Selain faktor tingkat radiasi, jumlah kWh produksi PLTS juga tergantung dari tipe PLTSnya. Pada penelitian ini akan dikaji jumlah daya yang dibangkitkan, dari daya yang dihasilkan kemudian dihitung efisiensi panel surya dan jumlah rumah yang bisa terlistriki atau dialiri listrik oleh PLTS Cirata. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metodologi kualitatif dengan pendekatan studi literatur, analisis database PLTS, diskusi terfokus dan analisis deskriptif. Pendekatan ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai PLTS di Indonesia. Secara garis besar penelitian ini dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Studi literatur, menelusuri informasi yang terkait dengan topik dan permasalahan dari berbagai sumber tertulis, berupa buku, jurnal ataupun artikel.
2. Analisis database PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), mencari informasi dan mengkaji lebih lanjut mengenai segala sesuatu yang terkait dengan PLTS.
3. Diskusi terfokus, diskusi dilakukan untuk memperoleh informasi yang mendalam mengenai PLTS dan pemangku kebijakan terkait energi.
4. Analisis deskriptif, menjabarkan informasi yang telah ditemukan dan penemuan jawaban atas permasalahan penelitian beserta rekomendasi berupa rancangan sistem PLTS untuk pedesaan yang sesuai dengan standar PLTS.

Daya yang Dibangkitkan PLTS (watt peak)

Daya (wattpeak) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, diperhitungkan setelah diketahui PV area yang dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut (Hand Out Disain PLTS Photovoltaic, PLN University Corporate,2013):

$$PV\ Area = \frac{E_L}{G_{AV} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}} (m^2) \dots\dots (1)$$

Dalam hal ini :

E_L = Energi yang dibangkitkan [kWh/hari]

$PV\ Area$ = Luas permukaan panel surya [m²]

TCF = Intensitas Matahari harian [kW/m²/hari]

G_{AV} = Temperature coefficient factor [%]

η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]

η_{out} = Efisiensi keluaran [%] asumsi 0,9

Setiap kenaikan temperatur 1 (dari temperatur standarnya) pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% Efisiensi sel surya adalah perbandingan antara daya listrik yang diproduksi (dikirim ke beban) dengan daya cahaya yang mengenai permukaan sel. Daya cahaya yang mengenai sel biasanya ditentukan sebagai daya cahaya matahari pada permukaan bumi yang besarnya 1000W/m².

Efisiensi Panel Surya

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

$$P_{WattPeak} = PV\ Area \times PSI \times \eta_{PV} (watt) \dots\dots\dots (2)$$

Dalam hal ini :

$PV\ Area$ = Luas permukaan panel surya [m²]

PSI = Peak Solar Insolation adalah 1.000 W/m²

η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]

Jumlah Panel Surya

Selanjutnya berdasarkan besar daya yang akan dibangkitkan (wattpeak), maka jumlah panel surya yang diperlukan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{WattPeak}}{P_{MPP}} (\text{unit}) \dots \dots (3)$$

Dalam hal ini :

$P_{WattPeak}$ = daya yang dibangkitkan (WP)

P_{MPP} = daya maksimum keluaran panel surya (watt)

4. Hasil Dan Pembahasan

Total Kebutuhan Daya

Memperkirakan kapasitas PLTS dapat dimulai dengan menyusun daftar semua beban yang akan disuplai. Pada lokasi baru profil beban dapat ditentukan dengan melakukan estimasi yang sesuai agar dapat merepresentasi beban setempat nantinya. Jumlah calon pelanggan atau jumlah penduduk atau rumah tangga merupakan satu-satunya data riil yang dapat diambil dari lokasi. Dari jumlah rumah tangga diperkirakan besarnya beban dan profilnya dapat menggunakan load profile kelistrikan terdekat dari rencana. Konsep ini menganggap bahwa masyarakat direncanakan lokasi masih memiliki kebiasaan yang sama dengan masyarakat yang sudah berlistrik disekitarnya.

Satuan Daya Listrik

Satuan daya listrik PLN adalah VA(Volt Ampere), misalnya 450VA,900 VA, 1300,VA, 2200 VA dan sebagainya.VA merupakan satuan daya listrik yang didapat dari hasil perhitungan rumus daya atau biasa juga disebut sebagai daya nominal(daya yang tertulis). Perbedaan satuan Watt dengan VA , lebih signifikan pada instalasi listrik 3 phase karena banyaknya banyaknya alat listrik yang bersifat induksi dan menyebabkan menurunnya nilai faktor daya. Untuk instalasi listrik 1 phase, yang merupakan instalasi yang biasa digunakan dirumah- rumah, alat listrik yang bersifat induksi tidak terlalu banyak sehingga faktor daya tidak terlalu banyak berubah , tetap mendekati nilai 1,00 sehingga perbandingan satuan VA dan Watt nilainya hampir sama. Sehingga untuk rumah – rumah, daya listrik yang terpasang sering disebut dengan satuan 450Watt, 900 Watt, 1300Watt dan sebagainya.

Efisiensi Panel Surya

Seperti diketahui bahwa setiap kenaikan temperatur 1 (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 Kecamatan Cadassari adalah sebesar 28,9 oC Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar 3,9 oC dari suhu standar (250C) yang diperlukan oleh panel surya.

Besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur mengalami kenaikan

Pada saat temperatur di sekitar panel surya mengalami kenaikan 3,90C dari temperatur standarnya, besarnya daya yang berkurang, diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{\text{saat naik } 3,9^{\circ}\text{C}} = 0,5\% \times P_{MPP} \times \text{kenaikan temperatur}$$

$$P_{\text{saat naik } 3,9^{\circ}\text{C}} = 0,5\% \times 200 \times 3,9 = 3,9 \text{ Watt}$$

Daya Keluaran Maksimum Pada Saat Kenaikan Temperatur

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 28,90C, diperhitungkan dengan persamaan sbb :

$$P_{MPP \text{ saat naik jadi } 28,9^{\circ}\text{C}} = P_{MPP} - P_{\text{saat naik } 3,9^{\circ}\text{C}}$$

$$P_{MPP \text{ saat naik jadi } 28,9^{\circ}\text{C}} = 200 - 3,9 = 196,1 \text{ watt}$$

Temperature Correction Factor

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 28,9 , maka nilai TCF (Temperature Correction Factor) sebagai berikut :

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat naik jadi } 28,9^{\circ}\text{C}}}{P_{MPP}}$$

$$TCF = \frac{196,1}{200} = 0,98$$

η_{PV}

Efisiensi keluaran (out) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS. Suatu PLTS yang dilengkapi dengan baterai, charge controller, dan inverter maka nilai untuk out diasumsikan sebesar 0,95. Dari tabel 3.1 didapat luas area PV adalah 0,9 Ha atau 9000 m²

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

Dalam hal ini :

$$E_L = 3000$$

$$PV \text{ Area} = 9000$$

$$TCF = 0,98$$

$$G_{AV} = 4,45$$

$$\eta_{out} = 0,95$$

Sehingga dihasilkan efisiensi panel surya sbb :

$$\eta_{PV} = \frac{E_L}{G_{AV} \times TCF \times PV \text{ area} \times \eta_{out}}$$

$$\eta_{PV} = \frac{4500}{4,45 \times 0,98 \times 9000 \times 0,95} = 0,12$$

Daya yang dibangkitkan PLTS

Dari perhitungan perhitungan diatas maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (wattpeak) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{WattPeak} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV} \text{ (watt)} \dots \dots \dots (2)$$

Dalam hal ini :

$$PV \text{ Area} = 9000$$

$$PSI = 1000$$

$$\eta_{PV} = 0,12$$

$$P_{WattPeak} = 9000 \times 1000 \times 0,12 = 1080.000 \text{ wattpeak}$$

Saat ini kapasitas terpasang untuk PLTS Cirata adalah 1040 kWp dan produksi listriknya 3000 – 5500 KWh / Hari

Jumlah Panel Surya

Selanjutnya berdasarkan besar daya yang akan dibangkitkan (wattpeak), maka jumlah panel surya yang diperlukan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Jumlah \text{ Panel Surya} = \frac{P_{WattPeak}}{P_{MPP}} \text{ (unit)} \dots \dots \dots (3)$$

Dalam hai ini :

$$P_{WattPeak} = \text{ daya yang dibangkitkan (WP)}$$

$$P_{MPP} = \text{ daya maksimum keluaran panel surya (watt)}$$

Panel surya yang digunakan memiliki spesifikasi PMPP sebesar 200 Wp per panel, sehingga jumlah panel surya yang diperlukan adalah :

$$Jumlah \text{ Panel Surya} = \frac{1080.000}{200} = 5400 \text{ unit}$$

Jumlah Rumah Yang Dapat Dilistriki oleh PLTS Cirata

Selanjutnya berdasarkan besar daya yang dapat dibangkitkan (wattpeak) oleh PLTS, serta jumlah daya listrik terpasang masing masing rumah, maka dapat diketahui jumlah rumah yang dapat dilistriki oleh PLTS, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Rumah} = \frac{P_{WattPeak}}{P_R} (\text{unit rumah}) \dots \dots (4)$$

Dalam hal ini :

$P_{WattPeak}$ = daya yang dibangkitkan (WP)

P_R = daya terpasang listrik per rumah (watt)

Besar daya listrik masing-masing rumah di Indonesia bervariasi, mulai dari 450 Watt, 900 Watt, 1300 Watt, dan lebih besar lagi. Sebagai contoh perhitungan, kita ambil daya listrik rata-rata per rumah sebesar 900 Watt, maka untuk PLTS Cirata dengan daya sebesar 1.040 kWp atau 1.040.000 Wp, akan mampu melistriki rumah sebanyak :

$$\text{Jumlah Rumah} = \frac{1.040.000}{900} = 1155 \text{ rumah}$$

Sedangkan kalau kapasitas daya listrik per rumah hanya 450 Watt, maka jumlah rumah yang dapat dilistriki menjadi 2 kali lipat, yaitu 2.311 rumah.

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Saat ini perkembangan PLTS di dunia sangat pesat, karena timbulnya kesadaran internasional terhadap isu pencemaran lingkungan seperti yang disepakati pada Protocol Kyoto atau UNFCCC pada tahun 1997, yang mewajibkan negara-negara maju untuk mengendalikan dan mengurangi emisi karbon hingga turun mencapai angka sebelum tahun 1992.
2. PLTS memiliki keunggulan dari sisi lingkungan karena sangat sedikit menimbulkan jejak karbon dibandingkan dengan pembangkit listrik yang lain. Disamping itu PLTS memanfaatkan energi yang bersifat terbarukan. Pengembangan PLTS bersama-sama pembangkit listrik yang terbarukan lainnya dalam jangka panjang akan meningkatkan ketahanan energi bangsa Indonesia.
3. PLTS Cirata yang didirikan pada tahun 2015 di atas lahan seluas 1,5 Ha dengan luas 0,9 Ha memiliki kapasitas daya terpasang sebesar 1.040 kWp. Dengan kapasitas sebesar itu dapat melistriki 1.155 buah rumah dengan daya listrik sebesar 900 Watt masing-masingnya.
4. Dalam pengembangan listrik tenaga surya, instalasi teknologi PV memiliki keunggulan karena mudah dan efisien, walaupun pada saat ini membutuhkan investasi awal yang tinggi, disebabkan bahannya masih didatangkan dari luar negeri. Namun apabila dihitung untuk pemakaian jangka panjang, teknologi PV akan lebih murah dibandingkan dengan pemakaian generator diesel.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Yogianto, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, PT PLN Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan, 2016.
- Carbon Footprint of Electricity Generation*.(2006). ([www.parliament.uk /documents / post /postpn268.pdf](http://www.parliament.uk/documents/post/postpn268.pdf) ,(diakses 15 Januari 2013).
- Gede Widayana, *Pemanfaatan Energi Surya*,JPTK, UNDIKSHA, Vol. 9, No. 1, Januari 2012 : 37 - 46
- Hand Out Pembelajaran Teknik Energi Baru Dan Terbarukan*, Disain PLTS Photovoltaic, PLN University Corporate,2013.
- Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral. (2015). 2016, *PLTS Terbesar Di Indonesia Akan Beroperasi*. <http://ebtke.esdm.go.id> (diakses 3 September 2019)
- Ihya Ulum Aldin. (2018). *PLN Targetkan Seluruh Wilayah Indonesia Dapat Akses Listrik Tahun Ini*. <https://katadata.co.id> (diakses 3 September 2019)
- International Finance Corporation, *Utility Scale Solar Power Plants*, 2015, diunduh dari <https://www.ifc.org/wps/wcm>, (diakses Januari 2016)
- Kagama Virtual, *PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, 2011 diunduh dari <https://kagamavirtual.files.wordpress.com/2011/04/plts.pdf> ,(diakses Januari 2016)
- PT Pembangunan Jawa Bali, PLTS Cirata, 2016
- Renewables,Global Status Report*,2014,diunduh dari [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/ 2014_](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/2014_), (diakses Januari 2016)
- Tom Penic and Bill Louk, *Photovoltaic Power Generation*, Desember 1998 , diunduh dari [https://www.tomzap.com/notes/TechCommunicationsEE333T/FinalReport Photovoltaic Power Generation.pdf](https://www.tomzap.com/notes/TechCommunicationsEE333T/FinalReportPhotovoltaicPowerGeneration.pdf) (diakses 1 Januari 2016)
- Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia*,(2014),diunduh dari <https://alamendah.org> (diakses (3 September 2019)
- Indra Akuntano,(2015), *Jokowi Meresmikan PLTS Terbesar di Indonesia* diunduh dari <https://nasional.kompas.com> diakses (3 September 2019)