

PERANCANGAN PLTS TERAPUNG DI BENDUNGAN SIDAN KABUPATEN BADUNG

Muhammad Paisal¹, I Nyoman Setiawan², I Nyoman Satya Kumara², Ida Ayu Dwi Girantari², I Wayan Sukerayasa², Cok Gede Indra Partha²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit, Jl Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80631

muhamadpaisal22@gmail.com

ABSTRAK

Potensi energi baru terbarukan sangat diperlukan untuk mendukung bali energi bersih, salah satu energi yang dapat dimanfaatkan adalah energi matahari. Namun sampai dengan tahun 2023 potensi energi baru terbarukan yang sudah dimanfaatkan hanya sebesar 1,48 persen. Salah satu alasan mengapa pembangunan PLTS di Bali berjalan lambat adalah karena sulitnya mencari lahan yang cukup luas untuk membangun PLTS dalam skala besar. Salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan dengan memanfaatkan badan air melalui penerapan PLTS Terapung. Dalam penelitian ini perancangan PLTS terapung Bendungan Sidan menggunakan data luas badan air Bendungan Sidan dan gambar kerja dari perencanaan Bendungan Sidan, dengan data tersebut digunakan untuk menentukan sistem PLTS terapung Bendungan Sidan. Hasil perancangan menunjukkan PTLs terapung Bendungan Sidan memiliki potensi kapasitas 1,45 MWp dengan jumlah modul 2640 unit dan menggunakan 12 unit *inverter* berkapasitas 1.100 kW. Produksi energi yang dihasilkan oleh PLTS terapung dalam setahun sebesar 2.564.007 kWh
Kata Kunci : Energi Baru Terbarukan, Bendungan Sidan, PLTS Terapung, Panel Surya

ABSTRACT

Potential of renewable energy is essential to support Bali Clean Energy, one of the energy that can be exploited is Solar energy. However, by 2023 the potential has been exploited only 1,48 percent. One of the reasons why Solar Plant construction in Bali is slow is because it is difficult to find land large enough to build Solar Plant on a large scale. However, solution to overcome land constraint is to utilize the water body through floating Solar Plant application. In the Project, the Floating Solar Plant Sidan Dam utilized body of the Water Dam and work pictures from the Planing of the Sidan Dam, with such data being used to determine the Floating solar Plant System in Sidan Dam. The design results showed that floating Solar Plant in Sidan Dam has a potential capacity of 1.45 MWp with a total of 2640 units solar panel and uses 12 units of inverters of 1.100 kW capacity. The energy production produced by the floating Solar Plant in a year was 2.564.007 kWh.

Key Words : Renewable Energy, Sidan Dam, Floating Solar Plant, Solar Panel

1. PENDAHULUAN

Mayoritas negara di seluruh dunia masih menggunakan sumber energi konvensional untuk memenuhi kebutuhan energi mereka, tetapi ketersediaan sumber ini semakin terbatas seiring penggunaan pembangkit listrik konvensional. Akibatnya,

negara-negara di seluruh dunia mulai beralih ke sumber energi terbarukan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Melalui Peraturan Gubernur No. 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih, Pemerintah Provinsi Bali menargetkan penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT)

sebesar 20,10% pada tahun 2050 untuk mewujudkan Bali Energi Bersih [1].

Potensi EBT di Provinsi Bali memberikan peluang besar untuk optimalisasi pemanfaatan EBT dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Salah satu potensi tersebut adalah energi surya. Oleh karena itu, guna mendukung implementasi kebijakan Bali Energi Bersih, perlu dilakukan optimalisasi pemanfaatan EBT di Provinsi Bali. Salah satu langkah yang tengah ditingkatkan adalah pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Walaupun memiliki beberapa regulasi yang mendukung pemanfaatan EBT, angka realisasi capaian bauran EBT di Bali masih berada pada angka 1,48% pada tahun 2023 [2].

Salah satu faktor yang menyebabkan kemajuan yang lambat dalam pembangunan PLTS di Bali adalah kebutuhan akan lahan yang luas, terutama untuk pembangunan PLTS skala besar. Beberapa PLTS yang sudah dibangun di Bali adalah Sistem PLTS 1 MWp Karangasem dan Bangli dengan menggunakan sistem *on-grid*, dan sistem PLTS 15 kWp yang berada di desa Datah, Yeh Mampeh, Cegi, Sekartaji Nusa Penida, Tianyar Barat menggunakan sistem *off-grid*, [3].

Bali merupakan pulau yang didominasi dengan sektor pariwisata yang sangat berkembang sehingga harga lahan di Bali terus meningkat. Teknologi PLTS terapung atau penempatan modul surya di badan air dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan.

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan kajian mengenai pemanfaatan EBT di Bendungan Sidan guna mendukung kebijakan Bali Energi Bersih, dengan merancang PLTS terapung yang memanfaatkan badan air dari Bendungan Sidan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu sistem pembangkitan energi listrik yang menggunakan energi matahari sebagai sumber utamanya. PLTS

termasuk dalam golongan pembangkit listrik yang memperhatikan kelestarian lingkungan, efisien, mandiri, dan andal dalam menyuplai energi listrik [4].

2.2 PLTS Terapung

PLTS terapung merupakan teknologi sistem PLTS yang dipasang atau diletakan di atas badan air secara terapung seperti pada danau dan waduk [5]. Terdapat beberapa keunggulan sistem PLTS terapung diantaranya adalah adanya peningkatan produksi energi listrik karena suhu perairan yang lebih rendah.

2.2.1 Komponen PLTS Terapung

PLTS terapung terdiri dari beberapa komponen utama, diantaranya:

1. Modul Surya

Modul surya adalah perangkat utama pada sistem PLTS Terapung yang dirancang untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip kerja *photovoltaic*. Modul surya tersusun dari beberapa sel surya dengan rangkaian seri paralel sehingga dapat menghasilkan besaran energi yang diinginkan. Beberapa jenis modul surya seperti *monocrystalline silicon*, *polycrystalline silicon*, dan *thin film*.

2. *Inverter*

Inverter adalah perangkat elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari modul surya menjadi arus listrik bolak-balik (AC) menuju jaringan listrik dengan frekuensi 50/60 Hz.

3. *Floater*

Floater adalah komponen yang sangat penting karena digunakan sebagai media bantu untuk pemasangan modul surya di atas permukaan air. *Floater* terbuat dari bahan dengan karakteristik kuat, tahan terhadap UV dan korosi, serta mudah dirawat, contohnya menggunakan bahan aluminium, *High Density Polyethylene* (HDPE)

4. *Anchor and Mooring*

Anchor and Mooring berfungsi sebagai penahan *floater* agar berada

pada kondisi yang stabil dan tidak berpindah tempat karena adanya arus air maupun angin. Beberapa sistem *anchor and mooring* seperti *rigid mooring system*, *taut mooring system*, *catenary mooring system*, dan *compliant mooring system*

2.3 Regulasi Luas Area PLTS Terapung

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya terapung pada genangan air bendungan sidan telah diatur melalui Peraturan Menteri PUPR Nomor 6 Tahun 2020. Dalam peraturan menteri tersebut, pemanfaatan badan air salah satunya pada bendungan untuk PLTS terapung dapat dilakukan dengan pemanfaatan maksimal 5% dari luas permukaan perairan [6]. Untuk menghitung luasan permukaan air yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan persamaan berikut :

$$L_{Pv\ Terapung} = L_{Badan\ Air\ Bendungan} \times 5\% \quad (1)$$

2.4 Efek Pendinginan PLTS Terapung

Salah satu keunggulan dari PLTS terapung adalah adanya efek pendinginan yang dapat meningkatkan produksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. [7] Temperatur dari suatu *array* modul dapat dimodelkan dengan persamaan keseimbangan energi antara iradiasi yang datang dan energi yang dikonversi sesuai dengan persamaan (2):

$$U(T_{array} - T_{amb}) = \alpha G_t(1 - h) \quad (2)$$

Keterangan:

- U = U-value (W/(m²K))
- T_{array} = Temperatur modul surya (K)
- T_{amb} = Temperatur lingkungan (K)
- α = daya serap modul surya
- G_t = Iradiasi modul surya (W/m²)
- h = efisiensi modul surya (%)

2.5 Helioscope

Helioscope dikembangkan oleh Folsom Labs untuk melakukan simulasi dan perancangan PLTS berbasis *web* dengan tampilan 3D sehingga dapat melihat

peletakan panel maupun kinerja yang dihasilkan modul panel [8].

2.5 Pvsyst

PVsyst merupakan *software* yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (*sizing*), dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap. PVSyst dikembangkan oleh Universitas Genewa yang terbagi ke dalam sistem terinterkoneksi jaringan (*grid-connected*), sistem berdiri sendiri (*standalone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (*DC-grid*). PVSyst juga dilengkapi *database* dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, serta data komponen-komponen PLTS [9].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Bendungan Sidan, terletak di Desa Belok Sidan, Kabupaten Badung. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari gambar kerja pembangunan Bendungan Sidan dan Data Teknis Bendungan Sidan. Pengumpulan data dilakukan selama periode Juni 2023 hingga Desember 2023, dengan menggunakan teknik observasi, dan peninjauan literatur. Prosedur penelitian dapat dilihat sebagai berikut.

1. Melakukan observasi dan identifikasi lokasi secara langsung.
2. Pengumpulan data:
 - a. Data Teknis Bendungan Sidan.
 - b. Gambar kerja pembangunan Bendungan Sidan.
3. Mengidentifikasi pemilihan lokasi PLTS Terapung Bendungan Sidan.
4. Menentukan komponen PLTS Terapung Bendungan Sidan
5. Merancang *design* Sistem PLTS Terapung menggunakan Pvsyst dan menganalisisnya.
6. Memproyeksikan daya dan energi PLTS Terapung Bendungan Sidan.
7. Penggambaran peletakan PLTS Terapung menggunakan Helioscope.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Bendungan Sidan

Bendungan Sidan terletak di Kabupaten Badung, lebih tepatnya di Desa Belok Sidan, Kecamatan Petang, dengan koordinat geografis 8,12913° lintang selatan (LS) dan 115,18090° bujur timur (BT), serta berada pada ketinggian 158 mdpl. Seperti terlihat pada Gambar 1



Gambar 1 Bendungan Sidan

Pembangunan Bendungan Sidan sesuai dengan Gambar 1 dimulai pada Oktober 2018 dan diresmikan langsung oleh Presiden Republik Indonesia pada tanggal 2 Februari 2023. Bendungan ini dibangun di lahan seluas 82,73 hektar dengan jenis konstruksi *Rock Fill Dam*. Bendungan Sidan dapat dijadikan sumber energi baru terbarukan yaitu dengan PLTS terapung.

4.2 Penentuan Lokasi PLTS Terapung

Pemilihan lokasi yang tepat untuk merancang PLTS Terapung dengan memanfaatkan permukaan air bendungan disesuaikan dengan keadaan sekitar bendungan. Gambar 2 memperlihatkan kondisi bendungan yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTS terapung. Pemilihan lokasi PLTS terapung adalah area yang ditandai dengan warna merah. Pemilihan lokasi yang berada sebelum tower *intake* dimaksudkan untuk menghindari pondasi bendungan dari

jangkar yang akan dipasang untuk menjaga PLTS terapung. Kemudian posisi yang tidak terlalu di pinggir direncanakan untuk menghindari adanya *shading* yang dapat mengganggu kinerja PLTS.



Gambar 2 Lokasi PLTS Terapung [10]

Selain itu, alasan pemilihan lokasi sesuai dengan Gambar 2 diakrenakan terdapat akses jalan yang dekat untuk mencapai lokasi rencana PLTS terapung, sehingga akan mempermudah membawa komponen ketika pemasangan dan *maintenance* ketika diperlukan.

4.3 Penentuan Potensi Teknis

Berdasarkan Permen PUPR Nomor 6 Tahun 2020, luasan area bendungan untuk PLTS terapung dibatasi maksimal sebanyak 5% dari total luasan muka air bendungan. Luas genangan air Bendungan Sidan pada kondisi muka air minimum sebesar 14,4 Ha [10].

Dengan demikian luas genangan yang dapat dimanfaatkan pada Bendungan Sidan dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

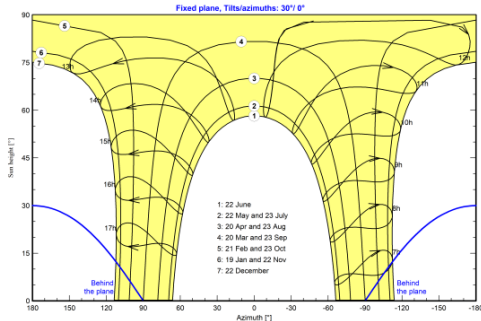
$$L_{PV \text{ Terapung}} = 14,4 \text{ Ha} \times 5\%$$

$$L_{PV \text{ Terapung}} = 0,72 \text{ Ha}$$

4.4 Kondisi Meteorologi

Penelitian ini menggunakan data meteorologi dari aplikasi Pvsyst untuk melihat kondisi meteorologi Bendungan Sidan. Hasilnya menunjukkan bahwa Bendungan Sidan memiliki potensi iradiasi matahari rata-rata sebesar 5,86 kWh/m².

Dalam penelitian ini, simulasi *far shading* dilakukan menggunakan *software* PVsyst. Simulasi ini menggambarkan kemungkinan bayangan atau jalur matahari yang tertutup oleh objek yang berada pada area PLTS. Gambar 3 menunjukkan hasil simulasi *far shading* pada *software* PVsyst.



Gambar 3 Far Shading di Bendungan Sidan

Gambar 3 menunjukkan kondisi *far shading* di daerah Bendungan Sidan di mana garis biru menunjukkan *far shading* atau adanya bayangan dari obyek yang berlokasi cukup jauh dari area PLTS. Berdasarkan hasil simulasi *far shading* di Bendungan Sidan, dapat dilihat pada pagi hari ketika matahari mulai terbit sekitar pukul 6 sampai dengan pukul 7 terdapat *far shading* yang cukup besar pada saat kondisi sudut *azimuth* matahari sebesar -120° selain itu *far shading* yang cukup besar terjadi pada siang hari pada saat kondisi sudut *azimuth* matahari sebesar 60° . Pembangunan PLTS terapung di Bendungan Sidan dapat disimpulkan layak karena kondisi *far shading* hanya berpengaruh hanya pada saat jam pukul 6 sampai 7 dan pada siang hari dengan area *far shading* yang tidak begitu besar dibandingkan dengan area penyinaran matahari di Bendungan Sidan yang ditunjukkan oleh *sun path* diagram.

4.5 Konfigurasi Komponen PLTS

4.5.1 Panel Surya

Salah satu jenis Panel Surya yang banyak digunakan dan memiliki tingkat efisiensi tinggi adalah jenis *monocrystalline*. Pemilihan panel surya berjenis *monocrystalline* didasarkan karena tingkat efisiensi yang tinggi dibandingkan *polycrystalline* dan *bifacial*, di mana panel dengan jenis *bifacial* tidak dapat bekerja

secara efisien dikarenakan nilai albedo permukaan air sangatlah rendah yaitu 8%. Pemilihan jenis modul surya yang digunakan untuk PLTS terapung akan sedikit berbeda dengan PLTS pada umumnya karena harus memperhatikan resistensi yang tinggi terhadap tingkat korosi dan kelembapan.

Tabel 1 Perbandingan Spesifikasi Teknis Panel Surya

Spesifikasi	LESSO SOLATEC 550D(HPM) 72(182)	Trinasolar TSM-DE19	ZNSHINES OLAR ZXM7-SHLDD144
Pmax(W)	550	550	550
Degradasi tahun pertama(%)	2	2	2.2
Degradasi tahun selanjutnya(%)	0,55	0,55	0,45
Umur pakai panel	25 Tahun	25 tahun	25 tahun
Module Efficiency (%)	21,3	21,2	21,8
Harga (Rp)	2.470.000	2.100.000	3.200.000

Modul surya yang yang dipilih berdasarkan pada perbandingan Tabel 1 merupakan modul surya berjenis *monocrystalline* pabrikan Trina Solar dengan tipe TSM-DE19 550 Wp yang telah memiliki sertifikasi IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, dan IEC 62716. Alasan lain mengapa memilih panel bertipe TSM-DE19 di karenakan panel tipe ini memiliki harga yang cukup terjangkau dan juga banyak tersedia di pasar Indonesia.

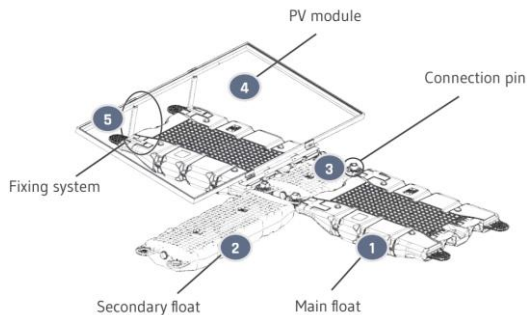
4.5.2 Inverter

Inverter yang dipilih merupakan *string inverter* pabrikan Huawei dengan tipe SUN2000-100KTL-M1 yang telah memiliki sertifikasi EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, dan IEC 61683 [11]. Pemilihan *inverter* tipe ini dikarenakan tingkat efisiensi yang dimiliki oleh *inverter* ini sangatlah tinggi yaitu 98.8%

4.5.3 Floater

Floater yang digunakan pada perancangan ini adalah floater berbahan

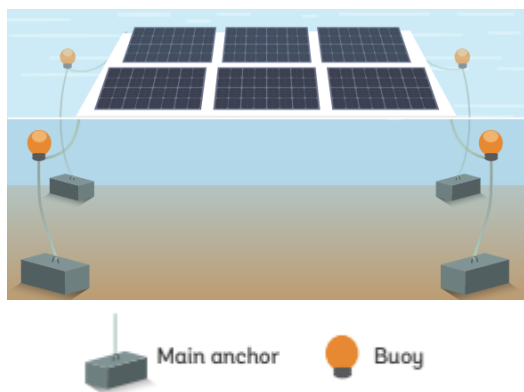
High Density Polyethylene (HDPE) yang dapat dilihat pada Gambar 4. Alasan pemilihan bahan ini dikarenakan mudah untuk didaur ulang, floater ini diproduksi oleh perusahaan Ciel et Terre. Floater ini dikonfigurasi dalam dua baris, dengan akses *walkway* di tiap dua baris modul surya. floater ini memiliki kemiringan 12° yang dapat membantu pembersihan panel surya.



Gambar 4 Floater Ciel et Terre [12]

4.5.4 Anchoring dan Mooring

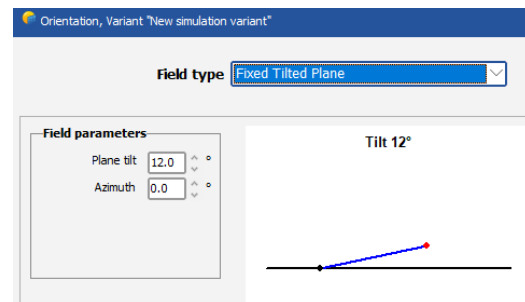
Penentuan sistem *Anchoring* dan *Mooring* dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi dan kedalaman tempat PLTS Terapung direncanakan. Pada kondisi perairan Bendungan Sidan yang cukup dalam dan memiliki variasi muka air yang berubah, maka dapat digunakan sistem *bottom anchoring* dengan pelampung atau *bouy* yang dapat dilihat pada Gambar 5, dimana *anchor* yang digunakan umumnya menggunakan blok beton maupun *piles*.



Gambar 5 Sistem Bottom Anchoring [13]

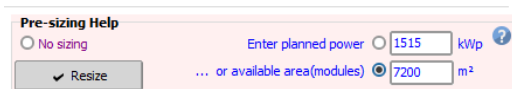
4.6 Hasil Simulasi Produksi PLTS Terapung Bendungan Sidan

Setelah rancangan dari sistem PLTS terapung didapatkan, dilakukan simulasi energi dari sistem PLTS terapung. Dalam penelitian ini, produksi energi PLTS terapung disimulasikan menggunakan *software* PVsyst dengan menggunakan sumber data meteorologi yang berasal dari *meteonorm*. Adapun dalam mensimulasikan sistem PLTS terapung menggunakan *software* PVsyst dimulai dengan memasukkan koordinat dari lokasi Bendungan Sidan guna mendapatkan data meteorologi Bendungan Sidan berdasarkan sumber data dalam simulasi yang berasal dari *meteonorm*. Dalam simulasi terdapat tiga parameter utama yang diatur guna mendapatkan produksi energi dari sistem PLTS terapung, diantaranya parameter *orientation*, *system*, dan *detailed losses*. Untuk *parameter orientation* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6



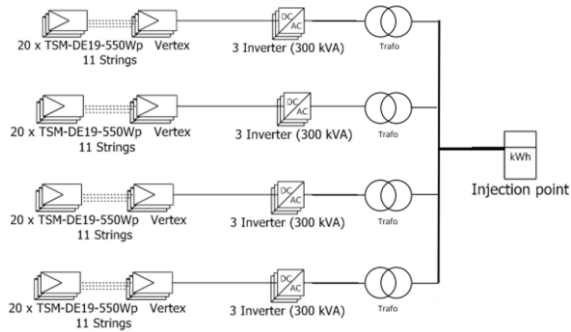
Gambar 6 Parameter Orientation Sistem PLTS Terapung Bendungan Sidan

Adapun parameter yang diubah dalam simulasi meliputi *field type*, *plane tilt* dan juga *azimuth*. *Field type* yang dipilih merupakan *fixed tilted plane* karena Floater yang digunakan menggunakan *Fixing System*. Selanjutnya untuk *plane tilt* yang dipilih bernilai 12° . Selanjutnya untuk *parameter System* dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7 Pre-Sizing Sistem PLTS Terapung Bendungan Sidan

Dalam mengkonfigurasi sistem PLTS apung Bendungan Sidan ini kami memanfaatkan fitur *Pre-Sizing* untuk mengetahui berapa jumlah panel yang dapat digunakan dengan area yang tersedia, dimana dengan luasan area sebesar 7.200 m² dapat menempatkan 2640 panel dengan konfigurasi yang dapat dilihat pada Tabel 2



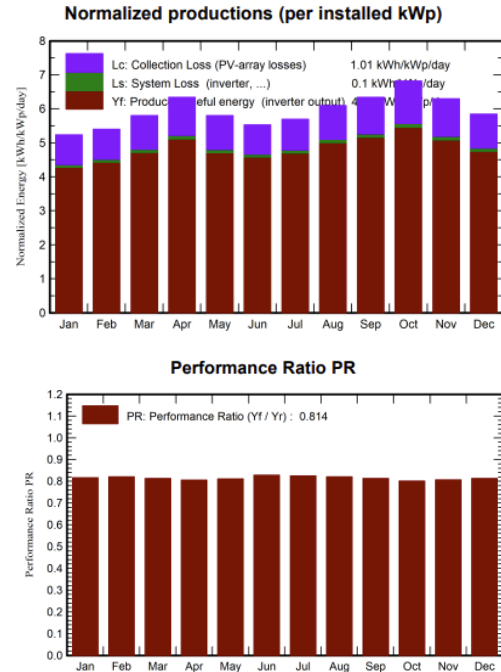
Tabel 2 Konfigurasi Sistem PLTS Terapung Bendungan Sidan

Parameter	Nilai	Satuan
Total Array	12	Array
Jumlah Inverter	12	Unit
Jumlah Panel	2640	Unit
Jumlah String per Array	11	String
Jumlah Modul per String	20	Unit

Gambar 8 SLD Sistem PLTS Terapung Bendungan Sidan

Konfigurasi dilakukan pada masing-masing *Inverter* dengan menggunakan *sub array* sesuai dengan *singleline diagram* pada Gambar 8. Adapun konfigurasi yang dilakukan seperti memasukan modul surya dan *inverter* yang digunakan serta memasukkan konfigurasi modul surya pada masing-masing inverter berdasarkan Tabel 2. Dimana keluaran dari 3 *inverter* yang sudah digabungkan lalu dihubungkan dengan kabel NYY 4 x 240 mm².

Adapun hasil simulasi produksi energi sistem PLTS terapung Bendungan Sidan dapat dilihat pada Gambar 9.

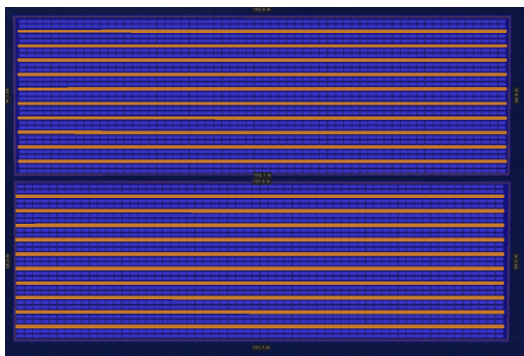


Gambar 9 Hasil Simulasi Produksi Energi Sistem PLTS Terapung Bendungan Sidan

Berdasarkan *main result* dari gambar 9, didapatkan hasil bahwa sistem PLTS terapung Bendungan Sidan dengan kapasitas 1,45 MWp atau mampu memproduksi energi tahunan sebesar 2.564.007 kWh/tahun atau sekitar 2,5 MWh/tahun dengan nilai *Performance Ratio* (PR) sebesar 81,48%. Adapun produksi energi tertinggi terjadi pada bulan Oktober dimana berdasarkan Gambar bulan Oktober merupakan bulan dengan nilai iradiasi tertinggi.

4.7 Penggambaran Peletakan PLTS

Selain itu, penelitian ini menggunakan helioscope untuk menggambar peletakan PLTS terapung di Bendungan Sidan. Penggambaran dilakukan dalam konfigurasi dua baris, dengan membagi menjadi 2 buah *floating island*. Penggambaran peletakan PLTS terapung dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Peletakan PLTS Terapung Bendungan Sidan

Pada Gambar 10 satu *floating island* terdiri dari terdiri dari 6 *inverter*, dimana persatu *inverter* terhubung dengan 11 *string*. Jika ditotalkan dalam satu buah Floating Island terdiri dari 66 *string* yang berisikan 1.320 panel surya atau 20 panel surya per 1 *string*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung di Bendungan Sidan didesain dengan menggunakan Aplikasi PVsyst. Dengan modul surya kapasitas 550Wp/modul dan menggunakan *string inverter* dari Huawei. *Floater* yang digunakan adalah jenis HDPE pabrikan Ciel et Terre dengan sistem *Anchoring* dan *Mooring* menggunakan sistem *bottom anchoring* berbahan *concrete block* atau *piles* dan *Mooring* menggunakan sistem *buoy*. PLTS Terapung dirancang pada lahan seluas 7.200 m², dengan kapasitas terpasang sebesar 1,452 MWp yang menggunakan modul surya sebanyak 2.640 buah, dan memperoleh energi dalam satu tahun sebesar 2.564.007 kWh dengan hasil simulasi *performance ratio* sebesar 81,48%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Presiden No 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional.
- [2] PT PLN Unit Induk Distribusi. 2023. "Pembangkit energi baru terbarukan (EBT) di Bali," ANTARA.
- [3] A. Pawitra, I. Kumara and W. Ariastina. 2020. "Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2.
- [4] I. N. Setiawan dan A. I. Weking. 2018. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Spektrum*, vol. 5, no. 2.
- [5] Direktorat Jendral EBTKE. 2021. Panduan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS Terapung, vol. 12, pp. 1-8.
- [6] Peraturan Menteri PUPR Nomor 6 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan.
- [7] W. S. Ebhota dan P. Y. Tabakof. 2023. "Influence of photovoltaic cell technologies and elevated temprature on photovoltaic system performance," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 14, no. 7.
- [8] M. R. Wicaksana, I. N. S. Kumara, I. A. D. Giriantari and R. Irawati. 2019. "Unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya rooftop 158 kWp pada kantor gubernur bali," *Jurnal Spektrum*, vol. 6, no. 3.
- [9] "PVsyst," [Online]. Available: pvsyst.com.
- [10] DIREKTORAT JENDRAL SUMBER DAYA AIR BALAI WILAYAH SUNGAI BALI-PENIDA, 2018. "PEMBANGUNAN BENDUNGAN SIDAN".
- [11] TRINA SOLAR. 2023. [Online]. Available: trinasolar.com.
- [12] "Ciel et Terre," [Online]. Available: <https://ciel-et-terre.net/>.
- [13] World Bank Group, ESMAP and SERIS. 2019. Where Sun Meets Water: Floating Solar Handbook for Practitioners. Washington, DC: World Bank.