

Analisis *Levelized Cost of Electricity* (LCoE) pada PLTS Terapung dengan PLTS di Daratan: Study Kasus Pulau Kodingareng, Makassar Sulawesi Selatan

Radhiansyah*¹, Nur Azisah Syam², Muzakkir³, Dwi Sahidin⁴

^{1,2,3} Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie, Indonesia

⁴Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia

radhiansyah@ith.ac.id¹, nur.azisah.syam@ith.ac.id², muzakkir@ith.ac.id³, dwisahidin@pnc.ac.id⁴

Alamat: Jl. Balai Kota No. 1 Parepare, Sulawesi Selatan

Korespondensi penulis: radhiansyah@ith.ac.id*

Abstract. Indonesia, as an archipelagic country with over 17,000 islands, faces significant challenges in providing electricity access, particularly to small and remote islands. One promising solution is Solar Power Plants (PLTS), both land-based and floating solar plants that utilize water surfaces, suitable for areas with limited land availability. This study evaluates the economic feasibility of floating solar plants and land-based solar plants using the Levelized Cost of Electricity (LCoE) approach. LCoE encompasses all costs of construction, operation, maintenance, and energy production over the plant's lifespan, serving as a key benchmark in selecting power generation technologies. The findings show that the LCoE for floating solar plants is Rp11,197.00/kWh, lower than land-based solar plants at Rp11,769.00/kWh, although both exceed the electricity purchase price in Kodingareng, South Sulawesi, at Rp2,460.00/kWh. This difference is influenced by higher construction costs for floating solar plants but offset by greater energy output and lower operation and maintenance costs. This research provides a basis for developing solar power systems in archipelagic regions, emphasizing efficiency and sustainable energy solutions.

Keywords: Floating PV, economic feasibility, Levelized Cost of Electricity (LCoE)

Abstrak. Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau, menghadapi tantangan besar dalam menyediakan akses energi listrik, terutama di pulau-pulau kecil dan terpencil. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), baik di daratan maupun PLTS terapung yang memanfaatkan permukaan air, sesuai untuk wilayah dengan keterbatasan lahan. Penelitian ini menganalisis kelayakan ekonomi antara PLTS terapung laut dan PLTS di daratan dengan pendekatan Levelized Cost of Electricity (LCoE). LCoE mencakup seluruh biaya pembangunan, operasi, pemeliharaan, dan energi yang dihasilkan selama umur pembangkit, menjadi tolok ukur utama dalam menentukan pilihan teknologi pembangkitan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LCoE untuk PLTS terapung laut sebesar Rp11.197,00/kWh lebih rendah dibandingkan PLTS di daratan sebesar Rp11.769,00/kWh, meskipun keduanya masih berada di atas harga pembelian listrik di Kodingareng, Sulawesi Selatan, yaitu Rp2.460,00/kWh. Perbedaan ini dipengaruhi oleh biaya konstruksi yang lebih tinggi untuk PLTS terapung, tetapi dengan keluaran daya lebih besar dan biaya operasi serta perawatan yang lebih rendah. Penelitian ini memberikan dasar untuk pertimbangan pengembangan PLTS di wilayah kepulauan, khususnya dalam konteks efisiensi dan keberlanjutan energi.

Kata kunci: PLTS Terapung, kelayakan ekonomi, Levelized Cost of Electricity (LCoE)

1. LATAR BELAKANG

Indonesia dengan disebut sebagai negara kepulauan dengan jumlah pulau lebih dari 17 ribu, dimana sekitar 7 ribu pulau diantaranya berpenghuni, dengan persebaran tersebut terdapat penduduk tidak hanya akan menempati pulau pulau besar dan terdapat juga masyarakat yang tinggal di pulau yang kecil dengan akses yang sulit sehingga sering disebut sebagai daerah terisolasi, dengan kondisi tersebut mengakibatkan kebutuhan sehari sehari masyarakat akan terbatas yang diakibatkan akomodasi keluar dan masuk ke pulau yang sulit atau hanya dalam waktu tertentu saja, tidak terkecuali dengan kebutuhan energi listrik, dimana tidak dapat

dipungkiri bahwa listrik sudah menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat bahkan untuk daerah yang terisolasi juga membutuhkan energi listrik diantaranya untuk fasilitas umum seperti sekolah, tempat ibadah, pompa air maupun perangkat elektronik lainnya.

PLTS atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan salah satu alternatif teknologi yang memanfaatkan energi matahari untuk membangkitkan energi listrik. Disamping memiliki sumber energi yang tidak terbatas, PLTS merupakan jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan proses instalasi yang cukup mudah, sehingga untuk daerah yang sulit terjangkau PLTS merupakan salah satu pilihan yang terbaik. Selain bisa diletakkan di daratan PLTS juga bisa dipasang di atas permukaan air yang sering disebut sebagai PLTS terapung yang sangat cocok untuk daerah kepulauan yang memiliki keterbatasan lahan di daratan. PLTS terapung laut di Indonesia sendiri masih sangat jarang ditemui sedangkan potensi untuk pembangunan PLTS terapung laut termasuk besar dengan sebarang lokasi lokasi di sekitar pulau pulau besar di Indonesia, hingga pulau pulau kecil serta terdapat sebaran pada danau yang berada di dalam pulau.



Gambar 1. Sebaran potensi pembangunan PLTS terapung (ESDM One Map, 2021)

Pembangunan sebuah pembangkit selain melihat dari sisi fungsional nya, dilihat juga dari segi ekonomi dimana hal tersebut perlu dipertimbangkan terutama untuk daerah yang sulit untuk dijangkau, dalam rangka melihat seberapa efektif sebuah pembangkit dilihat dari segi ekonomi. Penelitian ini akan berfokus kelayakan ekonomi dengan memperhitungkan nilai LCoE antara PLTS terapung laut dan PLTS di daratan.

2. KAJIAN TEORITIS

Potensi Energi Matahari

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbesar di alam semesta ini, sebagai salah satu sumber kehidupan terutama pada tumbuhan yang memerlukan cahaya matahari untuk berfotosintesis, juga sebagai sumber cahaya penerang ketika siang hari maupun pada malam hari yang dipantulkan lewat bulan, cahaya matahari sudah menjadi salah satu

sumber energi utama saat ini. Dalam perkembangan teknologi kelistrikan, matahari bisa jadi sumber energi dalam pembangkitan energi listrik, yaitu dikenal dengan teknologi photovoltaic, yaitu sebuah teknologi yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sebagaimana diketahui bahwa teknologi photovoltaic ini membutuhkan energi matahari sebagai sumber energi utama, sehingga dalam penerapannya dibutuhkan daerah yang memiliki potensi energi matahari yang besar.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Fotovoltaik merupakan salah satu teknologi yang dapat merubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik, modul fotovoltaik sendiri terdiri atas beberapa sel sel yang tersusun menjadi sebuah panel, proses perubahan energi radiasi matahari menjadi energi listrik membutuhkan proses ketidakseimbangan electron pada struktur semi konduktor dari sel surya, proses ini sering disebut sebagai p-n junction (Tiwari, G.N dkk., 2010: 81-108). Ketika terjadi kontak antara radiasi matahari dengan permukaan sel surya electron dari atom bahan semikonduktor akan terlepas dari struktur nya kemudian bergerak bebas sehingga bermuatan negatif (n) sedangkan kekosongan pada struktur atom disebut sebagai hole yang bermuatan positif (p), proses terlepasnya electron dan terciptanya hole mengakibatkan terjadinya medan listrik yang mengakibatkan kedua muatan positif akan bergerak berlawanan, proses tersebut akan menghasilkan arus listrik.

LCoE (Levelized Cost of Electricity)

LCoE atau levelized Cost of Electricity merupakan sebuah standar untuk membandingkan dua atau lebih teknologi pembangkitan energi listrik, LCOE mengukur total cost atau biaya dan energy listrik yang dibangkitkan dibagi dengan berapa banyak daya yang dihasilkan oleh sebuah pembangkit sehingga didapatkan rata rata biaya energi yang dihasilkan, nilai yang didapatkan menjadi dasar penentuan teknologi pembangkitan yang akan dipilih. Pada dasarnya nilai LCOE bergantung pada hampir semua aspek pendukung dalam sistem pembangkitan, seperti factor capacity pembangkit, biaya pembangunan, biaya perawatan hingga kondisi lingkungan yang juga akan mempengaruhi hasil dari LCoE. Metode perhitungan LCoE digunakan untuk membandingkan cost dari pembangkit listrik dengan teknologi yang berbeda sehingga dari hasil nya dapat menjadi referensi dalam pemilihan jenis pembangkit yang lebih ekonomis. Parameter utama dalam menghitung nilai LCoE adalah investasi awal, biaya O&M, fuel cost, energi listrik yang dihasilkan, capacity factor, dan umur penggunaan pembangkit. Parameter tersebut akan berbeda untuk setiap jenis teknologi pembangkit listrik sehingga dapat menghasilkan perbedaan nilai LCoE pada setiap jenis teknologi pembangkit listrik. Perhitungan nilai LCoE pada jenis pembangkit dengan teknologi

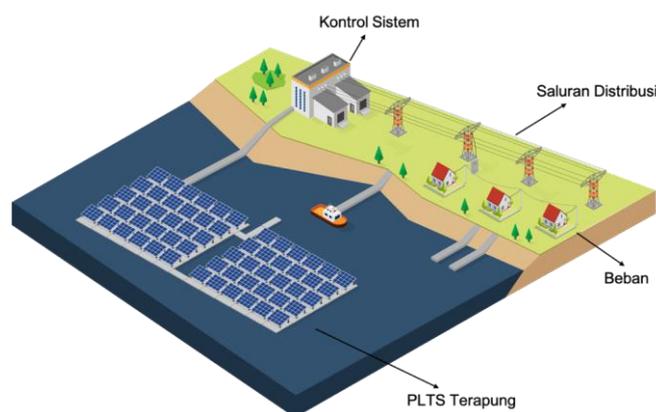
yang sama seharusnya tidak akan menghasilkan perbedaan antara nilai keduanya, namun dalam kasus PLTS terapung dan PLTS di daratan akan menghasilkan nilai yang berbeda, dimana terdapat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan nilai LCoE keduanya, mulai dari biaya pembangunan yang akan berbeda dikarenakan infrastruktur kedua sistem yang jelas berbeda, kemudian dari segi keluaran daya yang berbeda, hingga biaya perawatan antara keduanya juga akan berbeda.

3. METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Pada penelitian ini objek penelitian dipilih berdasarkan beberapa kriteria yaitu, daerah terisolasi, memiliki potensi energi terbarukan, serta masyarakat yang memiliki masalah terkait pembangkitan energi listrik untuk kebutuhan sehari-hari, dengan kondisi wilayah Indonesia yang memiliki banyak pulau memungkinkan akan muncul beberapa pulau yang memiliki kriteria seperti di atas, salah satunya yaitu Pulau Kodingareng yang terletak di lepas pantai Makassar, Sulawesi Selatan.

Pulau Kodingareng memiliki fasilitas umum seperti masjid, sekolah hingga jenjang SMA, serta aktivitas ekonomi lokal. Pulau ini mengandalkan pembangkit listrik dari PT PLN berupa PLTD dan PLTS hybrid, serta PLTS hibah pemerintah. Namun, kedua PLTS tersebut sudah tidak berfungsi selama bertahun-tahun akibat masalah komponen, sehingga listrik hanya tersedia dari PLTD pada malam hari, pukul 17.00-06.00 WITA. Dengan luas wilayah 480.000 m², lahan terbatas menjadi kendala untuk membangun PLTS baru. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan kembali komponen PLTS lama dengan memindahkannya ke lepas pantai. Lokasi tersebut bebas dari pemukiman sehingga mengurangi dampak terhadap lahan daratan. PLTS terapung menjadi alternatif potensial untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat setempat.



Gambar 2. Model Rancangan Sistem PLTS Terapung Laut

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan secara langsung di lokasi penelitian dimana data yang diambil merupakan spesifikasi dari panel surya yang dapat diambil pada bagian belakang setiap panel.



Gambar 3. Pengambilan Data Lapangan

Studi ekonomi LCoE pada PLTS terapung dengan PLTS di daratan

Studi ekonomi mengacu pada seberapa layak sebuah sistem pembangkit untuk dijalankan dilihat dari segi pandangan ekonomi, pada penelitian ini analisis ekonomi pada sistem PLTS mengacu pada nilai LCoE (Levelized Cost of Energy), dengan membandingkan nilai LCoE pada PLTS terapung dan PLTS di daratan akan didapatkan hasil yang berbeda sebagai acuan dalam pengembangan sistem PLTS kedepannya, berikut persamaan yang akan digunakan untuk menghitung nilai LCoE pada sistem PLTS terapung dan PLTS di daratan.

$$LCoE = \sum_{t=n}^n \frac{\frac{LCC}{(1+R)^t}}{\frac{Et}{(1+R)^t}}$$

Dimana:

LCoE = Levelized Cost of Energy (Rp/kWh)

LCC = Life Cycle Cost (Biaya Keseluruhan Sistem dari komponen, instalasi dan O&M)

R = Discount Rate

Et = total pembangkitan

t = Periode System

Untuk mendapatkan nilai LCoE dibutuhkan beberapa komponen seperti LCC untuk setiap sistem yaitu biaya keseluruhan sistem pembangkit dimulai dari biaya awal atau biaya pembangunan infrastruktur PLTS, kemudian terdapat biaya O&M atau biaya operasional serta perawatan sistem PLTS, komponen selanjutnya adalah discount rate merupakan standar diskon

yang didapatkan berdasarkan standar yang telah ditentukan, kemudian terdapat nilai total pembangkitan atau total listrik yang dibangkitkan oleh sistem PLTS, periode sistem adalah periode diperkirakan sistem dapat berlajam, dalam penelitian ini periode sistem diasumsikan selama 25 tahun.

Tabel 1. Harga Pembangunan sistem PLTS (sumber: Clean Energy Handbook For Financial Service Institutions, telah diolah kembali)

Nama Item	Harga/watt	Jumlah Pengadaan	Biaya PLTS di daratan (3MW)	Biaya PLTS terapung laut (3MW)
Biaya Jasa Developer	\$ 0,15	1 Kali	\$ 450.000	\$ 450.000
Engineering	\$ 0,50	1 Kali	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
Perizinan	\$ 0,09	1 Kali	\$ 270.000	\$ 135.000
Perencanaan / Civil / Fencing	\$ 0,10	1 Kali	\$ 300.000	\$ 345.000
Pengadaan Panel	\$ 0,85	1 Kali	\$ 2.550.000	\$ 2.550.000
Converter	\$ 0,30	5 Kali	\$ 900.000	\$ 900.000
Baterai	\$ 0,30	5 Kali	\$ 900.000	\$ 900.000
Pengadaan Rak dan Instalasi	\$ 0,30	1 Kali	\$ 900.000	\$ 900.000
Instalasi Kelistrikan	\$ 0,45	1 Kali	\$ 1.350.000	\$ 1.350.000
Komisi	\$ 0,05	1 Kali	\$ 150.000	\$ 150.000
Total System	\$ 3,09		\$ 9 270 000,00	\$ 9.180.000,00
Nilai Rupiah			Rp 138.826.129.500	Rp 137.478.303.000

Berdasarkan sumber data pembiayaan yang digunakan sebagai standar harga untuk PLTS pada penelitian ini, ada beberapa yang perlu diperhatikan seperti penggunaan inverter yang akan diganti setiap 5 tahun, baterai akan diganti setiap 5 tahun, asumsi lahan untuk PLTS terapung laut hanya sebesar 50% karena sebagian lahan yang digunakan ada di atas permukaan air laut serta biaya konstruksi untuk PLTS terapung yang lebih besar 15% dibandingkan PLTS di daratan. Berdasarkan data yang telah didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan nilai LCoE untuk PLTS terapung laut dan PLTS di daratan. Kemudian nilai LCoE akan dibandingkan dengan harga listrik yang telah ditetapkan sebelumnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data perbandingan antara daya yang dibangkitkan oleh PLTS terapung dengan daya yang dibangkitkan oleh PLTS konvensional sebagai berikut

Tabel 2. Rekapitulasi daya yang dibangkitkan oleh sistem PLTS

Jangka Waktu	PLTS terapung	PLTS di daratan
Harian (12 Jam)	8.517 kWh	8.229 kWh
Tahunan (365 hari)	3108,81 MWh	3003,79 MWh

Dapat dilihat dari data total daya yang dibangkitkan oleh kedua sistem PLTS dimana daya yang dibangkitkan oleh PLTS terapung lebih besar dibandingkan daya yang dibangkitkan oleh PLTS di daratan. Selanjutnya untuk total biaya dari PLTS yang meliputi biaya pembangunan hingga biaya O&M akan diasumsikan berdasarkan data dari NREL (National Renewable Energy Laboratory) tentang perbandingan biaya pembangunan PLTS terapung dan PLTS di daratan sebagai berikut

Tabel 3. Total Biaya Pembangunan PLTS

Item	PLTS Terapung Laut	PLTS di Daratan
Total Pembangunan Tahunan	3,1088 GWh	3,0004 GWh
Biaya Awal	\$ 16,38 juta	\$ 16,47 juta
O&M	1,08%	1,2%
Masa Pembangunan	4 tahun	4 tahun
Umur Penggunaan	25 tahun	25 tahun
discount rate	10%	10%
inflasi	2%	2%
Penurunan efisiensi modul	1,5%/tahun	1,5%/tahun

Kemudian dapat dihitung untuk biaya pada masa pembangunan untuk PLTS terapung laut maupun PLTS di daratan sebagai berikut.

Tabel 4. Perhitungan Biaya Di Masa Pembangunan System Plts Terapung

Item	Keterangan	Masa Pembangunan			
		1	2	3	4
Biaya Awal	-	\$4,095	\$4,095	\$4,095	\$4,095
O&M	-	0	0	0	0
Total Cost	Biaya Awal + O&M	\$4,095	\$4,095	\$4,095	\$4,095
Discount rate	-	0,9091	0,826	0,751	0,683
Energi tahunan	-	0	0	0	0
net Biaya PLTS	Total Cost x Discount Rate	\$3,723	\$3,384	\$3,077	\$2,797
Energi PLTS	Energy x Discount Rate	0	0	0	0
net Energi PLTS	Energi Pembangkitan dikurang penurunan efisiensi modul	0	0	0	0

Tabel 5. Perhitungan Biaya Di Masa Pembangunan System Plts Di Daratan

Item	Keterangan	Masa Pembangunan			
		1	2	3	4
Biaya Awal		\$4,118	\$4,118	\$4,118	\$4,118
O&M		0	0	0	0
Total Cost	Biaya Awal + O&M	\$4,118	\$4,118	\$4,118	\$4,118
Discout rate		0,9091	0,826	0,751	0,683
Energi tahunan		0	0	0	0
net Biaya PLTS	Total Cost x Discount Rate	\$3,743	\$3,403	\$3,094	\$2,812
Energi PLTS	Energy x Discount Rate	0	0	0	0
net Energi PLTS	Energi Pembangkitan dikurang penurunan efisiensi modul	0	0	0	0

Biasa O&M masih belum ada dikarenakan 4 tahun pertama merupakan masa pembangunan dari PLTS, begitupun dengan energi yang dihasilkan juga belum ada karena PLTS belum berjalan. Dari perhitungan untuk biaya energi setiap tahunnya selama 25 tahun pada PLTS terapung laut maupun PLTS di daratan maka dapat dicari nilai total biaya dan total energi yang dibangkitkan sebagai berikut.

Tabel 6. Perhitungan Nilai LCoE System Plts Di Daratan

NVP_{cost}	total biaya PLTS		\$14,48
NVP_{GWh}	total energi		18,34
LCoE	total biaya PLTS / total energi	[\$/kWh]	0,78959198
LCoE		[USc/kWh]	78,96

Tabel 7. Perhitungan Nilai LCoE System Plts Terapung

NVP_{cost}	total biaya PLTS		\$14,26
NVP_{GWh}	total energi		18,98
LCoE	total biaya PLTS / total energi	[\$/kWh]	0,75124825
LCoE		[USc/kWh]	75,12

Nilai LCoE untuk PLTS di daratan sebesar USc 78,96/kWh atau sebesar Rp 11.769,00/kWh, sedangkan untuk nilai PLTS terapung laut sebesar USc 75,12/kWh atau sebesar Rp 11.197,00/kWh, namun harga tersebut masih lebih besar dibandingkan dengan standar harga pembelian listrik dari PLTS untuk Pulau Kodingareng yang terhimpun dalam wilayah Sulawesi selatan memiliki harga pembelian sebesar 17 USc/kWh (Permen ESDM nomor 19 tahun 2016).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai LCoE pada sistem PLTS terapung laut didapatkan sebesar Rp11.197,00/kWh lebih rendah dibanding nilai LCoE PLTS di daratan yaitu sebesar Rp11.769,00/kWh, dimana nilai LCoE untuk PLTS terapung laut maupun PLTS di berada di atas harga pembelian listrik dari PLTS untuk Pulau Kodingareng yang terhimpun dalam wilayah Sulawesi selatan memiliki harga pembelian sebesar Rp2.460,00/kWh. Perbedaan nilai LCoE dikarenakan output PLTS terapung yang lebih besar namun biaya konstruksi yang lebih besar juga dan dengan biaya O&M yang lebih rendah sehingga dihasilkan nilai LCoE untuk PLTS terapung lebih besar dibanding nilai LCoE PLTS di daratan.

Kedepannya dalam memperhatikan aspek ekonomi pada pembangunan PLTS konvensional di daratan maupun PLTS Terapung perlu terus memperhatikan perkembangan teknologi fotovoltaik yang terus berkembang, menyebabkan harga modul surya, inverter, dan komponen lainnya turun secara signifikan setiap tahun. Penurunan ini memengaruhi biaya awal investasi dan total biaya pembangkitan listrik. Selain itu Kemajuan dalam efisiensi modul surya memungkinkan lebih banyak listrik dihasilkan per unit area, sehingga menurunkan biaya per kWh yang dihasilkan. Kemudian juga Pemerintah sering memperbarui kebijakan energi, termasuk insentif seperti subsidi, feed-in tariff, atau keringanan pajak untuk energi terbarukan. Hal ini memengaruhi struktur biaya proyek tenaga surya.

DAFTAR REFERENSI

- Danu, A. R. (2021, April 22). Analisa Keekonomian Tarif Listrik Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya FTI UII 5 kWp dengan Metode Life Cycle Cost (LCC). Dspace. <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/28271>.
- ESDM One Map. (2021). Diakses 7 Maret 2022. [Online]. <https://geoportal.esdm.go.id/ebtke/>
- ESDM. (2020). SIARAN PERS, PLTS Terapung Pertama Di Indonesia dan Terbesar di Asia Tenggara Resmi Dibangun. Diakses 8 Maret 2022.[Online].<https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/12/18/2737/plts.terapung.pertama.di.indonesia.dan.terbesar.di.asia.tenggara.resmi.dibangun>.
- ESMAP. (2020). Global Photovoltaic Power Potential by Country. Washington, DC: World Bank.
- I.B.K. Sugirianta, I.A.D. Giriantari, I.N.S. Kumara. 2016. "Analisa Keekonomian Tarif Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWP Bangli Dengan Metode Life Cycle Cost" Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 15, No.2, Juli-Desember 2016.
- K. Trapani and M. R. Santafe (2014). "A review of floating photovoltaic installations 2007–2013". Prog. Photovolt: Res. Appl.

- Nursanti., Syahrul., Tamsil, A. (2018). “Alternatif Livelihood Development Strategies to Increase the Income of Fishing Households on the Kodingareng Island of Makassar”. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries* ISSN 2655 4461 Vol. 1, No 1, 49-58.
- Radhiansyah, T. D. Rachmilda and D. Hamdani. (2021). "Performance Analysis of Offshore Floating PV Systems in Isolated Area," 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Bandung, Indonesia, 2021, pp. 651-655, doi: 10.1109/ICHVEPS53178.2021.9600926.
- Radhiansyah. (2022). Analisis Kinerja Plts Terapung Laut Di Area Terisolasi [Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung]. ITB Repository. Bandung, Indonesia.
- Ramasamy, Vignesh, & Margolis, Robert. Floating Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2021 Installations on Artificial Water Bodies. United States. <https://doi.org/10.2172/1828287>.
- Ramasamy, Vignesh, & Margolis, Robert. Floating Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2021 Installations on Artificial Water Bodies. United States. <https://doi.org/10.2172/1828287>.
- Solcast. (2020). Accessed in August. 23, 2021. [Online]. Available: <https://solcast.com/>
- Tiwari, G. N. & Dubey. S. (2010). Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications. Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology (IIT) Delhi, New Delhi, India, RSC publishing, pp. 59-67.
- Umoyette, A. T., Ubom, E. A., & Festus, M. U. (2016). Design of stand-alone offshore floating PV system for Ibeno health centre. *Science Journal of Energy Engineering*, 4(6), 56–61.
- Wicaksono, Bernardus G.D. (2019): Perancangan Sistem Tenaga Listrik Hibrida Off-Grid untuk Beban Komunal dan Beban Administratif di Desa Amaru, Asmat, Papua, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.