

# PERANCANGAN PLTS TERAPUNG UNTUK MENDUKUNG WISATA HIJAU DI BENDUNGAN TAMBLANG, DESA SAWAN, KABUPATEN BULELENG

K. Cakrawenda Yoga Laksana<sup>1</sup>, I.A. Dwi Giriantari<sup>2</sup>, I W. Sukerayasa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit, Jl Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80631

Email : [cakrawenda2001@gmail.com](mailto:cakrawenda2001@gmail.com) <sup>1</sup>, [dayu.giriantari@unud.ac.id](mailto:dayu.giriantari@unud.ac.id) <sup>2</sup>, [sukerayasa@unud.ac.id](mailto:sukerayasa@unud.ac.id) <sup>3</sup>

## ABSTRAK

Provinsi Bali memiliki banyak bendungan salah satunya adalah Bendungan Tamblang yang terletak di Desa Sawan, Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng. Dalam upaya meningkatkan kondisi pariwisata yang ada Bali Utara, Pemerintah Kabupaten Buleleng merencanakan adanya Daerah Tujuan Wisata (DTW) baru di Bendungan Tamblang dengan memanfaatkan sumber Energi Terbarukan (EBT) untuk memenuhi kebutuhan DTW dan mendukung program pemerintah untuk mewujudkan Bali energi bersih. Pembangkit EBT yang akan dirancang adalah PLTS karena memiliki potensi yang sangat besar mengingat Indonesia terletak pada garis khatullistiwa. PLTS dirancang menggunakan *website sunny design* dengan memanfaatkan 5% dari luas permukaan air bendungan yaitu sebesar 4.561,97 m<sup>2</sup>. Sehingga diperoleh kapasitas PLTS Terapung sebesar 0,6 MW dengan menggunakan 1.533 buah modul surya dan menghasilkan energi pertahun sebesar 926.539 kWh. PLTS Terapung yang dirancang memiliki biaya investasi awal sebesar Rp 13.551.481.157, dengan analisis ekonomi diperoleh nilai NPV sebesar Rp 7.470.053.884, BCR sebesar 2,66, dan PP kurang dari 25 tahun.

**Kata kunci** : Daerah Tujuan Wisata, Energi Terbarukan, *Website Sunny Design*, PLTS Terapung, Analisis Ekonomi

## ABSTRACT

*The Province of Bali have many dams, one of it is the Tamblang Dam, which is located in Sawan Village, Sawan District, Buleleng Regency. The Government of Buleleng Regency is planning to make Tamblang Dam as a new Tourist Destination Area (Daerah Tujuan Wisata or (DTW) in order to improve the existing tourism conditions in North Bali. It is planned to utilizing Renewable Energy (Energi Baru Terbarukan or EBT) sources to support the needs of DTW and to support government programs to reaching the Bali's clean energy target on 2050. The Renewable Energy Power Plant that will be designed is a Floating Solar Photovoltaic (PV) Power Plant, as it the potential source of energy considering that Indonesia is located on the equator. The Solar PV Power Plant is designed using the tool from website by utilizing 5% of the surface area of the dam water which is 4,561.97 m<sup>2</sup>, based on Kementrian PUPR no 6 Tahun 2020 regulation. So that a Floating Solar PV Power Plant capacity of 0.6 MW is obtained by using 1,533 solar modules and produce energy reaching of 926,539 kWh in a year. The designed Floating PV need an initial investment cost of IDR 13,551,481,157, with the result of economic analysis, obtained value of each parameter including the NPV value is IDR 7,470,053,884, BCR is 2.66, and PP is less than 25 years.*

**Keywords:** *Tourism Destination Area, Renewable Energy, Website Sunny Design, Floating Solar Energy Power Plant, Economic Analysis*

## 1. PENDAHULUAN

Data dari kementerian ESDM menyatakan bahwa kebutuhan energi listrik nasional meningkat sebesar 6,9% per tahun [1]. Energi yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebagian besar masih bersumber dari energi konvensional yang tidak dapat diperbaharui. Untuk mengurangi penggunaan sumber energi listrik konvensional, maka diperlukan adanya pengembangan sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT). 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 [2].

Provinsi Bali memiliki cukup banyak waduk atau bendungan yang tersebar di beberapa daerah salah satunya yang baru diresmikan adalah Bendungan Tamblang. Bendungan Tamblang terletak di Desa Sawan, Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng. Dalam upaya meningkatkan kondisi pariwisata yang ada Bali Utara, Pemerintah Kabupaten Buleleng merencanakan adanya Daerah Tujuan Wisata (DTW) baru di Bendungan Tamblang. Sejalan dengan adanya DTW serta mendukung target pengembangan EBT untuk mewujudkan Bali Energi Bersih, maka akan dirancang sumber pembangkit listrik EBT untuk memenuhi kebutuhan listrik yang dikonsumsi DTW.

Kondisi Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa menjadikan pemanfaatan energi matahari memiliki potensi yang sangat besar untuk dapat dikembangkan. Menurut Peraturan Menteri PUPR No. 6 Tahun 2020, permukaan air bendungan atau waduk dapat dimanfaatkan untuk PLTS Terapung dengan batasan maksimal 5% dari luas permukaan genangan waduk. Dengan demikian, untuk memenuhi kebutuhan listrik DTW maka penelitian ini dilakukan untuk merancang PLTS Terapung dengan memanfaatkan permukaan air Bendungan Tamblang.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 PLTS Terapung

PLTS Terapung merupakan pembangkit listrik EBT yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik yang pada prinsipnya sama dengan sistem PLTS *ground-mounted*. PLTS Terapung biasanya dipasang dalam skala yang besar pada permukaan air seperti dam, danau, maupun bendungan dengan menggunakan *floater* sebagai media apung. Dalam pemasangan dan pengoperasiannya, PLTS Terapung terdiri dari beberapa komponen utama, diantaranya :

#### a. 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*.

#### b. 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.

#### c. 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), dan *pontoon* [3].

#### d. 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, cetenary mooring system, dan compliant mooring system [3].

## 2.2 Persamaan Luas Area PLTS Terapung

Persamaan yang digunakan untuk menentukan luasan permukaan air bendungan yang dapat dimanfaatkan untuk PLTS Terapung adalah [4] :

$$L_{PV \text{ Terapung}} = L_{\text{Muka Air Bendungan}} \times 5\% \quad (1)$$

## 2.3 Persamaan Menentukan Sudut Kemiringan Optimal Modul Surya

Persamaan yang digunakan untuk menentukan sudut kemiringan optimal modul surya pada PLTS Terapung yang akan dirancang adalah [5] :

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta \text{ (S hemisphere)} \quad (2)$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (3)$$

Keterangan :

- Lat = Garis lintang lokasi terpasang modul surya (dalam derajat)
- $\delta$  = sudut deklinasi matahari (23,45 derajat)
- $\alpha$  = Sudut penyimpangan jatuhnya sinar matahari terhadap permukaan bumi
- $\beta$  = Sudut kemiringan modul surya

## 2.4 Website Sunny Design

Website Sunny Design adalah website yang dikelola oleh perusahaan SMA yang digunakan untuk membuat desain perencanaan PLTS secara gratis. Sunny design dapat memilih konfigurasi optimal dari sistem yang telah dirancang dengan mudah.

## 2.5 Life Cycle Cost (LCC)

Life cycle cost atau biaya siklus hidup berfungsi sebagai evaluasi untuk pertimbangan dalam pengambilan keputusan dan solusi terkait permasalahan yang ada pada suatu proyek. Persamaan yang digunakan menentukan LCC adalah [6] :

$$LCC = C + M_{PW} + R_{PW} \quad (4)$$

Keterangan :

- LCC = Nilai Life Cycle Cost
- C = Biaya Investasi Awal
- $M_{PW}$  = Nilai sekarang untuk biaya operasional dan pemeliharaan
- $R_{PW}$  = Nilai sekarang untuk biaya penggantian komponen

## 2.6 Capital Recovery Factor (CRF)

Capital recovery factor merupakan nilai yang digunakan untuk melakukan konversi biaya siklus hidup menjadi pembayaran biaya tahunan dengan jumlah yang sama. Persamaan yang digunakan menentukan CRF adalah [7] :

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

Keterangan :

- CRF = Capital recovery factor
- i = Tingkat diskonto
- n = Umur proyek

## 2.7 Cost Of Energy (COE)

Cost of energy adalah harga jual produksi energi yang dihasilkan untuk menentukan proyek yang berlangsung memperoleh keuntungan tau mengalami kerugian. Persamaan yang digunakan menentukan COE adalah [7] :

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A} \quad (6)$$

Keterangan :

- COE = Cost of Energy (Rp/kWh)
- LCC = Life Cycle Cost
- CRF = Capital Recovery Factor
- A = Energi yang dibangkitkan per tahun oleh pembangkit (kWh/tahun)

## 2.8 Net Present Value (NPV)

Net present value merupakan selisih harga saat ini dari aliran kas bersih di masa depan dengan harga saat ini yang bersumber dari investasi awal. Persamaan yang digunakan menentukan NPV adalah [7] :

$$NPV = \sum_{t=1}^t \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - I \quad (7)$$

Keterangan :

NPV = Nilai *Net Present Value* (Rp)  
 NCF<sub>t</sub> = *Net Cash Flow* selama umur proyek  
 t = tahun ke-  
 i = *discount factor* (%)  
 I = Biaya investasi awal

**2.9 Benefit-Cost Ratio (BCR)**

*Benefit-cost ratio* adalah nilai perbandingan antara penerimaan atau keuntungan dengan biaya yang dikeluarkan selama proyek berlangsung. Persamaan yang digunakan menentukan BCR adalah [7] :

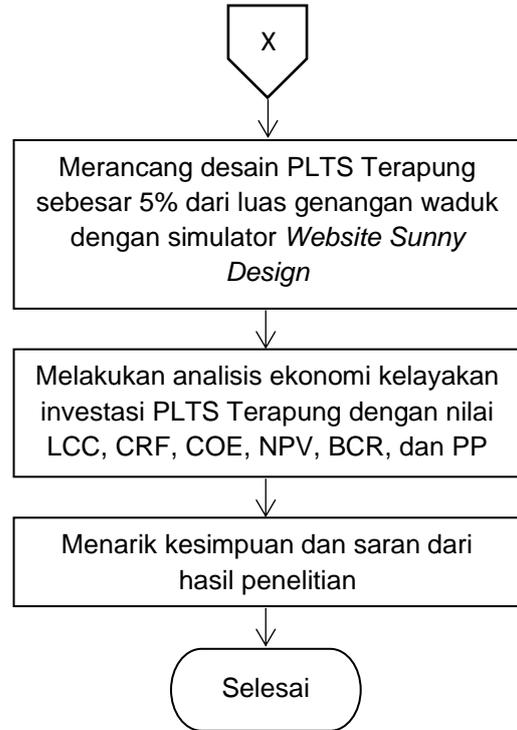
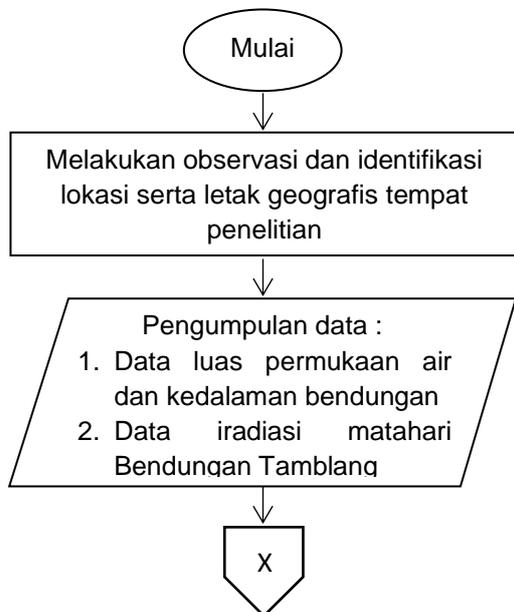
$$BCR = \frac{\text{Penerimaan}}{\text{Pengeluaran}} \quad (8)$$

**2.10 Payback Period (PP)**

*Payback period* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi yang sudah dikeluarkan.

**3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Bendungan Tamblang, Desa Sawan, Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng. Penelitian menggunakan *website sunny design* untuk membuat desain dan simulasi PLTS Terapung. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan dari bulan Januari sampai Mei 2023. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Gambaran Umum Bendungan Tamblang**

Bendungan Tamblang terletak di Desa Sawan, Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng, tepatnya pada koordinat 8,1°07'53" Lintang Selatan (LS) 115,1°10'47" Bujur Timur (BT). Luas genangan air Bendungan Tamblang pada kondisi muka air normal sebesar 236.793,38 m<sup>2</sup>, sedangkan luas genangan air pada kondisi muka air minimum sebesar 91.239,44 m<sup>2</sup>.



Gambar 2. Bendungan Tamblang Tampak Atas

**4.2 Iradiasi Matahari di Bendungan Tamblang**

Tingkat iradiasi di Bendungan Tamblang dapat diketahui dengan menggunakan *Website* Nasa dengan rata-rata iradiasi sebesar 5,51 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Tingkat iradiasi di bendungan tamblang dalam setahun dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Iradiasi Matahari di Bendungan Tamblang

Bulan	Iradiasi (kWh/m <sup>2</sup> /hari)
Januari	5,01
Februari	5,44
Maret	5,49
April	5,67
Mei	5,28
Juni	4,91
Juli	5,11
Agustus	5,66
September	6,20
Oktober	6,38
November	5,68
Desember	5,27
Rata-Rata	5,51

### 4.3 Perancangan PLTS Terapung

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 Tamblang pada kondisi muka air minimum sebesar 91.239,44 m<sup>2</sup>. Menggunakan persamaan (1), maka luasan yang dapat digunakan untuk merancang PLTS Terapung sebanyak 4.561,97 m<sup>2</sup>.

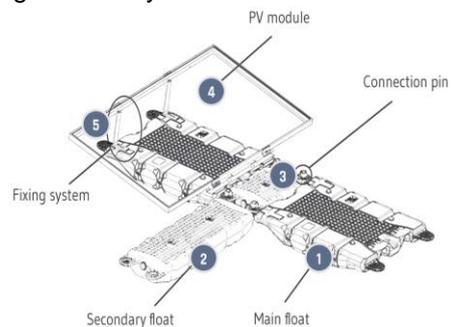
Dalam memaksimalkan produksi energi yang akan dihasilkan dari perancangan PLTS Terapung, maka modul surya dipasang dengan sudut kemiringan optimal berdasarkan letak geografis lokasi penelitian. Menggunakan persamaan (2) dan (3) maka sudut kemiringan optimal modul surya yang akan dipasang sebesar 15,35°.

Selanjutnya modul surya yang akan digunakan yaitu jenis *monocrystalline silicon* kapasitas 400 Wp. Modul surya yang digunakan dipilih dengan beberapa pertimbangan, diantaranya modul surya telah menyanggah sertifikat IEC 61215:2016 dan IEC 61730:2016 yang merupakan standar wajib modul PV jenis

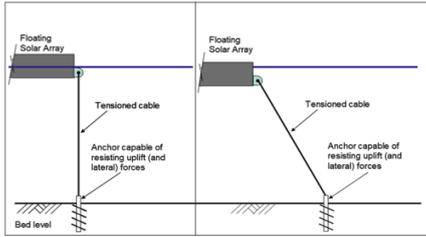
*Crystalline Silicon*. Sertifikat tersebut menandakan modul surya yang diproduksi telah memenuhi uji persyaratan kinerja maupun faktor keselamatan. Selain itu, memiliki standar IP 68 yang berarti memiliki daya tahan pada tingkat kelembapan tinggi karena modul akan dipasang di atas air.

Sedangkan *inverter* yang digunakan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi serta memiliki fitur yang terhubung dengan aplikasi monitoring yang berfungsi untuk memantau kinerja PLTS yang dipasang melalui *smartphone*.

PLTS yang dipasang di atas permukaan air memerlukan *floating system* untuk meletakkan modul surya. Dengan kondisi perairan bendungan yang tenang maka jenis *floating* yang digunakan yaitu jenis *High Density Polyethylene* (HDPE). *Floating* jenis HDPE dipilih dengan beberapa pertimbangan, seperti tahan terhadap korosi, benturan, ramah lingkungan, dan ringan serta mudah dipasang dengan menggunakan bahan polimer yang keras. Kemudian sistem penahan *floating* pada kondisi perairan Bendungan Tamblang yang cukup dalam dan memiliki variasi muka air yang tidak berubah secara signifikan, maka dapat dipilih *Taut Mooring System*, sehingga *floating* dapat tetap berada pada posisi yang seharusnya.



**Gambar 3** Floating Jenis *High Density Polyethylene* (HDPE)

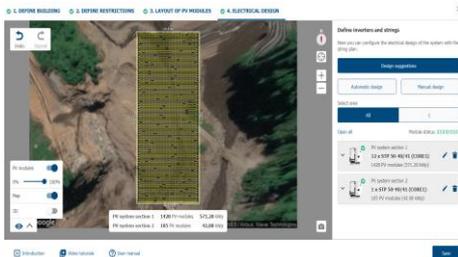


Gambar 4 Taut Mooring System

#### 4.4 Desain PLTS Terapung

Pembuatan desain PLTS Terapung dilakukan menggunakan simulator *website sunny design*. PLTS Terapung akan dirancang dengan memanfaatkan 5% dari genangan air bendungan pada kondisi muka air minimum untuk pemasangan modul surya yang dibantu dengan floater. Modul surya yang digunakan memiliki kapasitas 400 Wp dengan luas modul sebesar 2,01 m<sup>2</sup>, memanfaatkan luas area maksimal sebesar 4.561,97 m<sup>2</sup>, sudut azimuth ditentukan 0° karena PLTS diatur untuk menghadap ke utara, dan area pinggir yang disiapkan sebagai akses jalan sebesar 80 cm atau setara lebar 2 buah *secondary floating*.

Berdasarkan desain yang telah dibuat, maka diperoleh kapasitas PLTS Terapung sebesar 613,2 kWp atau 0,6 MWp dengan jumlah modul surya sebanyak 1.533 buah. Dengan kapasitas PLTS Terapung yang dirancang sebesar 0,6 MW, maka modul surya dihubungkan pada 13 buah *inverter* berkapasitas 50 kW. Masing-masing *inverter* terdiri dari total 7 *string*, di mana satu *string* terdiri dari 15 sampai 17 modul surya sesuai dengan sesifikasi tegangan minimal maupun tegangan maksimal dan arus maksimal yang diizinkan *inverter*.



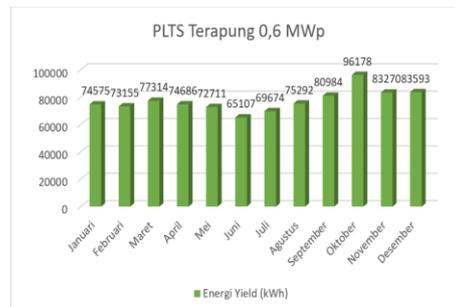
Gambar 5 Desain Perancangan PLTS Terapung Bendungan Tamblang

#### 4.5 Hasil Simulasi PLTS Terapung

Simulasi hasil produksi energi perancangan PLTS Terapung 0,6 MW berdasarkan desain yang telah dibuat pada *website sunny design* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 9.

Tabel 2 Hasil Simulasi Produksi Energi PLTS Terapung 0,6 MWp Selama Satu Tahun

Bulan	Energi Yield (kWh)
Januari	74.575
Februari	73.155
Maret	77.314
April	74.686
Mei	72.711
Juni	65.107
Juli	69.674
Agustus	75.292
September	80.984
Oktober	96.178
November	83.270
Desember	83.593
TOTAL	926.539



Gambar 6 Grafik Produksi Energi PLTS Terapung 0,6 MWp Selama Satu Tahun

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 6, hasil produksi energi PLTS Terapung 0,6 MW selama satu tahun sebesar 926.539 kWh, dengan produksi energi terendah terjadi pada bulan Juni yaitu sebesar 65.107 kWh dan produksi energi tertinggi pada bulan Oktober sebesar 96.178 kWh. Hal ini disebabkan karena pengaruh tingkat iradiasi pada bulan Juni lebih rendah jika dibandingkan dengan bulan Oktober seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

#### 4.6 Penurunan Performa Daya Output PLTS Terapung

Besarnya *annual power attenuation* atau penurunan daya tahunan dari modul surya yang digunakan adalah sebesar 0,55%. Dengan demikian, maka *output* energi dari PLTS Terapung pada tahun pertama menjadi sebesar 921.443 kWh, hingga tahun ke-25 menjadi sebesar 807.204 kWh.

Kemudian berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 19 Tahun 2016, besarnya harga penghematan energi yang bersumber dari pembelian listrik PLTS adalah sebesar \$16 sen USD/kWh atau Rp 2.408/kWh.

#### 4.7 Analisis Kelayakan Investasi

Dengan asumsi bahwa harga jual listrik adalah sebesar \$16 sen USD/kWh atau Rp 2.408/kWh, maka arus kas yang masuk selama 25 tahun sebesar Rp 51.956.152.305. Sedangkan arus kas keluar ditentukan berdasarkan akumulasi dari biaya investasi awal, biaya

operasional, dan biaya pergantian inverter sebanyak 2 kali setiap tahun ke-11, sehingga diperoleh arus kas keluar sebesar Rp 19.550.427.082. Dengan demikian, didapatkan besarnya arus kas bersih dengan cara mengurangkan arus kas masuk dengan arus kas keluar, maka didapatkan nilai sebesar Rp 32.405.725.222.

Selanjutnya untuk memperoleh nilai ekonomi untuk kelayakan investasi, maka dilakukan penghitungan LCC (4), CRF (5), COE (6), NPV (7), BCR (8), dan PP. dengan menggunakan persamaan tersebut, maka diperoleh nilai LCC sebesar Rp 15.245.623.088, nilai CRF sebesar 0,10, nilai COE sebesar 1.630/kWh, nilai NPV sebesar Rp 7.470.053.884, nilai BCR sebesar 2,66, dan lamanya PP kurang dari 25 tahun. Tabel 3 akan menampilkan analisis kelayakan investasi PLTS Terapung berdasarkan dari nilai NPV, BCR, dan PP.

**Tabel 3** Hasil Analisis Kelayakan Investasi Perancangan PLTS Terapung Bendungan Tamblang

No	Analisis Kelayakan Investasi	Kriteria Kelayakan	Hasil Analisis Kelayakan Investasi	Kesimpulan
1	<i>Net Present Value</i> (NPV)	NPV > 0 (Layak) NPV < 0 (Tidak Layak)	Rp 7.470.053.884	Layak investasi karena nilai NVP lebih dari 0
2	<i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	BCR > 1 (Layak) BCR < 1 (Tidak Layak)	2,66	Layak investasi karena nilai BCR lebih dari 1
3	<i>Payback Period</i> (PP)	PP > Umur Proyek (Layak) PP < Umur Proyek (Tidak Layak)	<25	Layak investasi karena arus kas bersih pada tahun ke-25 mampu menutupi biaya investasi awal

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, perancangan PLTS Terapung di Bendungan Tamblang untuk mendukung perencanaan Daerah Tujuan Wisata (DTW) memanfaatkan luasan permukaan air bendungan sebesar 4.561,97 m<sup>2</sup>. Menggunakan *website sunny design* untuk membuat desain dan simulasi, PLTS

Terapung yang dirancang menggunakan modul surya sebanyak 1.533 buah modul dengan kemiringan modul optimal sebesar 15,35°, sehingga didapatkan kapasitas PLTS Terapung sebesar 613,2 kWp atau 0,6 MWp. Dengan kapasitas sebesar 0,6 MWp, PLTS Terapung Bendungan Tamblang dapat memproduksi energi selama satu tahun sebesar 926.539 kWh.

Hasil dari analisis ekonomi pada perancangan PLTS Terapung di Bendungan Tamblang dengan parameter ekonomi, didapatkan hasil perhitungan nilai NPV > 0, nilai BCR > 0, dan lamanya PP kurang dari target umur proyek yaitu 25 tahun. Dengan demikian perancangan PLTS Terapung di Bendungan Tamblang dikatakan layak secara investasi untuk dilanjutkan, karena biaya investasi awal sudah mampu dikembalikan dan memperoleh keuntungan sebesar Rp 7.470.053.884 sesuai dengan hasil pada Tabel 3.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM, "Peta Potensi Energi Hidro Indonesia 2020," 2021. [Online]. Available: <https://p3tkebt.esdm.go.id/news-center/arsip-berita/peta-potensi-energi-hidro-indonesia-2020>. [Accessed Minggu, 16 Oktober 2022].
- [2] "jdih.baliprov.go.id," 30 September 2020. [Online]. Available: <https://jdih.baliprov.go.id/berita/2020/gubernur-bali-berlakukan-perda-nomor-9-tahun-2020-tentang-rued-guna-mewujudkan-bali-mandiri-energi-dengan-energi-bersih>. [Accessed 5 Juli 2023].
- [3] Kementerian ESDM, in *Panduan Perencanaan PLTS Terapung*, Jakarta, 2021.
- [4] K. P. U. d. P. Rakyat, "Database Peraturan," 18 Februari 2020. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/144523/permen-pupr-no-6-tahun-2020>. [Accessed 13 Maret 2023].
- [5] A. A. G. M. Pemayun, "Analisis Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem Tracking Dengan Solar Reflector," 2016.
- [6] R. A. Buyung, P. A. Pratisis and G. Y. Malingkas, "Life Cycle Cost (LCC) pada Proyek Pembangunan Gedung Akuntansi Universitas Negeri Manado (Unima) di Tondano," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, pp. 1572-1536, 2019.
- [7] Y. Chandra, "Analisis Ekonomi Energi Perencanaan Pembangunan PLTS (Studi Kasus Gedung Kuliah Politeknik Negeri Ketapang)," *ELKHA*, vol. 8, pp. 25-31, 2016.