

## Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung pada Waduk Sumber Air Minum di Batam

Prajwalita Cinantya\*, Hanifah Widiastuti, Liony Lumombo

Program Studi Program Profesi Insinyur Politeknik Negeri Batam  
Jl. Ahmad Yani Batam Kota. Kota Batam. kepulauan Riau. Indonesia

\*Corresponding author: prajwalita.wita@gmail.com

(Received: March 21, 2024; Accepted: April 23, 2024)

### Abstract

**Feasibility Study of Floating Solar Power Plant Development in Sumber Air Minum Reservoir in Batam.** The need for electricity supply in Batam city as an industrial center is increasing, this needs to be balanced with the availability of electricity so that there is no deficit in the electricity balance. One of the supplies of the availability of these generators is through new renewable energy, namely solar power plants (PLTS). PLTS requires a fairly large area of land, while Batam city has limitations. Placing PLTS on the surface of the reservoir as a source of drinking water in Batam can be an alternative, namely in the Duriangkang reservoir and Tembesi reservoir. This study is to determine the feasibility of PLTS in the Duriangkang reservoir and Tembesi reservoir through the design of floating PLTS, environmental impacts and economic feasibility.

**Keywords:** *New Renewable Energy, Solar Power Plants*

### Abstrak

Kebutuhan akan pasokan listrik di Kota Batam sebagai pusat industri kian meningkat, hal ini perlu diimbangi dengan ketersediaan listrik agar tidak terjadi defisit dalam neraca listrik. Salah satu suplai ketersediaan pembangkit tersebut adalah melalui energi baru terbarukan yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS membutuhkan lahan yang cukup luas, sedangkan Kota Batam memiliki keterbatasan. Penempatan PLTS pada permukaan waduk sebagai sumber air minum di Batam dapat dijadikan alternatif yakni pada waduk Duriangkang dan waduk Tembesi. Studi ini untuk mengetahui kelayakan PLTS di waduk Duriangkang dan waduk Tembesi melalui desain PLTS terapung, dampak lingkungan dan kelayakan ekonomi.

**Kata kunci:** *Energi Baru Terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya*

**How to Cite This Article:** Cinantya, P., Widiastuti, H., Lumombo, L. (2024). Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung pada Waduk Sumber Air Minum di Batam. *JPII*, 2(2), 65-70. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.21723>

### PENDAHULUAN

Energi baru terbarukan (EBT) dibutuhkan pada *data center* yang akan terus tumbuh di Kawasan Ekonomi Khusus Nongsa *Digital Park* dan industri hijau yang mulai dikembangkan di Kota Batam. Saat ini Kota Batam hanya mendapat pasokan listrik melalui jenis pembangkit

PLTD, PLTMG, PLTGU, dan PLTU sedangkan pemerintah telah memiliki target bauran EBT sampai dengan 2025 sebesar 23%. Potensi EBT di Kota Batam dapat dimaksimalkan melalui PLTS sehubungan dengan lokasi Indonesia yang berada di garis khatulistiwa dengan potensi energi surya yang selalu dapat digunakan.

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia Nomor 9 tahun 2022 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2021 Perubahan Daftar Proyek Strategis Nasional, telah memasukkan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya skala besar di Kepulauan Riau sebagai salah satu program strategis nasional.

Kota Batam memiliki 8 waduk yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTS terapung dengan skala kecil hingga menengah. Pembahasan ini akan difokuskan pada 2 waduk terbesar di Batam yaitu waduk Duriangkang dengan luas 2401 Ha dan waduk Tembesi dengan luas 842 Ha. Studi kelayakan pembangunan PLTS terapung pada waduk Duriangkang dan Tembesi perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ruang lingkup sistem pembangkit listrik tenaga surya terapung dengan pada waduk untuk melihat pada desain PLTS terapung, dampak lingkungan serta kelayakan finansial.

Modul surya atau *photovoltaic* adalah alat yang digunakan untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik (Hutajulu, Siregar, & Mendoza, 2022). PLTS dapat dilakukan di atap, tanah ataupun terapung. Dikarenakan keterbatasan lahan di Kota Batam, maka untuk skala menengah dan besar dapat menerapkan PLTS terapung. Semakin tinggi intensitas cahaya surya maka semakin tinggi daya listrik yang dihasilkan. Selain itu pada PLTS terapung, akan mengubah 4-18% energi surya menjadi listrik (Sahu, Yadav, & Sudhakar, 2016). Sisa radiasi matahari diubah menjadi panas, yang secara signifikan meningkatkan suhu *photovoltaic* (Swapnil, Narotam, & Bharath, 2013). Efisiensi modul *photovoltaic* bergantung pada suhu, maka pemasangan sistem *photovoltaic* di permukaan air, kita akan mendapat manfaat dari suhu sekitar yang lebih rendah karena efek pendinginan air.

Terdapat beberapa kendala dan tantangan untuk FPV yang harus dipertimbangkan, seperti sumber air, desain pengapungan, *mooring*, dan ankur, pemasangan dan pemeliharaan sistem *photovoltaic* terapung yang lebih rumit dibandingkan dengan PLTS di lahan (Banik & Sengupta, 2021) (Kumar, Niyaz, & Gupta, 2021) (Amer, et al., 2023). Hal lain yang perlu diperhatikan adalah dampaknya terhadap kualitas air, terlebih dikarenakan waduk di Batam digunakan sebagai sumber air minum. Rata-rata efisiensi panel surya tipe terapung 11% lebih tinggi dibandingkan panel surya yang dipasang di tanah (Choi, 2014). Faktor-faktor yang menentukan sejauh mana modul surya harus dirancang agar menghasilkan energi listrik yang sesuai dengan kebutuhan maksimal pengguna yaitu desain PLTS terapung, dampak lingkungan, dan analisis ekonomi dan keuangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Desain PLTS Terapung

Beberapa hal yang menjadi perhatian dalam pemasangan desain PLTS terapung adalah luasan waduk, perhitungan daya listrik, pelampung (*lating*), angin, yang merupakan sumber pembebanan utama dari PLTS yang terletak di waduk (Ikhenlicheu, et al., 2021); gelombang; arus, erosi dan sedimentasi; seismik dan stabilitas lereng; keamanan waduk; Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN).

#### a. Luasan waduk

Luas waduk Duriangkang adalah 2401 Ha dan luas waduk Tembesi adalah 842 Ha dari luasan tersebut dan berdasarkan pada peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.7 tahun 2023 maka luasan yang dapat dipergunakan sebagai PLTS dapat mencapai 20% sehingga luas permukaan air yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Luas permukaan waduk

No.	Waduk	Luas Permukaan waduk yang digunakan (Ha)			
		5%	10%	15%	20%
1.	Duriangkang	120	240	360,15	480.2
2.	Tembesi	42	84,2	126,3	168.4

#### b. Perhitungan Daya Listrik

Kapasitas pemasangan dan produksi listrik, dengan memperhatikan ukuran panel PLTS, yakni ukuran satu modul adalah 25m<sup>2</sup> dan ukuran panel adalah 1.7m<sup>2</sup> dengan sudut instalasi panel sebesar 10° sedangkan efisiensi panel adalah 22%.

**Tabel 2.** Ketersediaan daya listrik berdasarkan luas permukaan

Luas Permukaan Waduk	Nilai Daya (Mw) AC	Kapasitas Terpasang Daya (MWp) DC	PV/ Puncak
<b>Duriangkang</b>			
5%	120	85,71	118,57
10%	240	171,42	237,14
15%	360,15	257,25	355,86
20%	480,2	343	474,48
<b>Tembesi</b>			
5%	42	30	41,5
10%	84,2	60,01	83,19
15%	126,3	90,02	124,80
20%	168,4	120,02	166,04

#### c. Pelampung (*floating*)

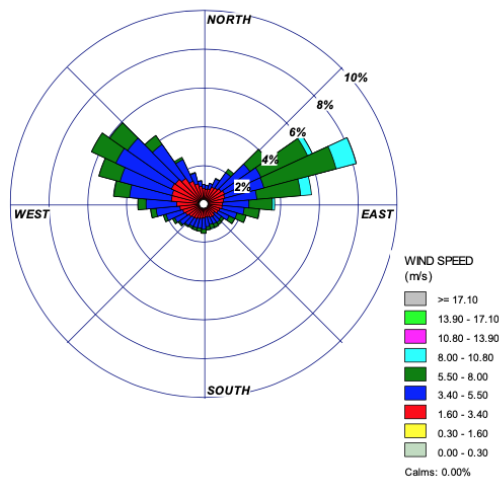
Material yang dipilih untuk platform terapung harus memiliki ketahanan terhadap paparan sinar ultraviolet (UV20) dan terbuat dari termoplastik, khususnya *High-Density Polyethylene* (HDPE), dengan *Environmental Stress Crack Resistance* (ESCR) yang

baik. Hal ini bertujuan untuk memastikan platform terapung dapat beroperasi untuk jangka waktu lama. Tidak hanya itu, bahan yang digunakan untuk platform terapung juga harus memiliki ketahanan kimia terhadap asam, alkali, bensin, minyak mineral, dan yang paling penting, tidak boleh mencemari air dalam kondisi apa pun. Keamanan terhadap pencemaran air menjadi prioritas utama. Selain itu, ketika platform terapung ditempatkan di badan air yang merupakan air baku, desainnya harus memastikan bahwa proses pertukaran gas sepanjang antarmuka udara-air tidak terhambat. Oleh karena itu, desain platform terapung harus mencakup rongga dengan ukuran yang sesuai, yang menjadi bagian integral dari desain keseluruhan platform.

*Mooring* dan ankur menjadi komponen utama pada PLTS agar platform terapung akan ditahan dan dapat ditambatkan pada posisi yang tetap. Platform terapung dapat ditambatkan ke dasar badan air atau ke tepi badan air. Jenis ankur yang biasa digunakan adalah ankur seperti balok beton dan ankur heliks yang disekrup dan ditancapkan ke tanah. Untuk pengankuran bantaran waduk, pekerjaan sipil juga diperlukan. Sedangkan untuk *mooring*, selain sistem konvensional dapat juga menggunakan sistem elastis, yang memungkinkan sistem tahanan agar terapung secara stabil dengan mengurangi gerak horizontal, terlepas dari variasi ketinggian air di waduk.

d. Angin

Angin dapat menyebabnya gelombang pada permukaan air. Dalam melakukan desain PLTS terapung beberapa data angin dibutuhkan sebagai berikut: kecepatan angin referensi; variasi kecepatan dan arah angin terhadap ruang, variasi kecepatan dan arah angin terhadap waktu.



**Gambar 1.** Arah angin waduk Duriangkang 2012-2021

Pada waduk Duriangkang, arah dari angin yaitu ke arah Timur Laut dan Barat Laut dan didominasi oleh nilai

kecepatan warna biru yaitu 3,40–5,50 m/s dan memiliki kecepatan rata-rata 4,05 m/s

e. Gelombang

Beberapa jenis gelombang dapat terbentuk di waduk, meliputi gelombang angin, gelombang akibat kapal, dan gelombang besar yang mirip dengan tsunami. Gelombang angin terjadi karena gesekan angin mengganggu permukaan air, sementara gelombang kapal terbentuk akibat gangguan yang disebabkan oleh pergerakan struktur kapal di atas air. Gelombang yang menyerupai tsunami muncul karena gangguan permukaan air yang disebabkan oleh longsoran lereng. Tinggi gelombang pada waduk Duriangkang dan Tembesi tergolong rendah sehingga tidak diperlukan analisa lebih detail.

f. Arus, erosi dan sedimentasi

Beberapa tipe arus yang dapat terjadi di waduk yaitu yang pertama arus yang terjadi akibat terjadinya aliran air yang masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) dari suatu sistem waduk. Kedua arus yang terjadi akibat adanya gesekan pada angin. Pada umumnya, arus akibat angin pada waduk akan lebih kecil dibandingkan arus akibat *inlet* dan *outlet* pada saat banjir karena panjang *fetch* angin yang relatif kecil. Untuk memperhitungkan arus akibat *inlet* dan *outlet*, pemodelan hidrodinamika dilakukan dengan memperhitungkan kondisi batas *sink* dan *source* pada lokasi-lokasi *inlet* dan *outlet* dengan debit tertentu. Parameter-parameter arus yang dibutuhkan dalam mendesain PLTS (DNV-GL, 2021) di antaranya adalah:

1. Kecepatan arus desain;
2. Arah arus;
3. Profil kecepatan arus terhadap kedalaman.

Berdasarkan studi kasus *Floating PV Cirata* (Marupa, Moe, Mardjono, & Malindo, 2022), hubungan arus dan konsentrasi sedimen layang, dapat dilihat bahwa pada umumnya konsentrasi sedimen layang tertinggi terdapat pada daerah *inlet* dan daerah dengan kecepatan arus yang tinggi. Dampak saling berpengaruh antara keberadaan PLTS, pola arus, sedimentasi, dan erosi memerlukan penelitian yang lebih dalam di lokasi yang menunjukkan tanda-tanda erosi dan sedimentasi yang signifikan. Hubungan timbal balik ini pada umumnya dapat dijelaskan melalui mekanisme berikut:

1. Erosi pada ankur dapat mengurangi stabilitas ankur, terutama untuk ankur tipe pemberat. Perpindahan posisi ankur akibat turunnya stabilitas ankur juga dapat mempengaruhi tegangan tali tambat;
2. Peningkatan laju sedimentasi dapat meningkatkan risiko terjadinya kondisi PLTS terdampar dan juga mengurangi daya tampung waduk;
3. Keberadaan PLTS dapat mengubah pola aliran air di dalam waduk sehingga mengubah pola erosi dan sedimentasi;

4. Keberadaan PLTS dapat mengurangi turbiditas akibat angin di permukaan air sehingga mengurangi pencampuran sedimen layang di dekat permukaan.
- g. Seismik dan stabilitas lereng  
Dampak langsung seismik terhadap struktur PLTS terapan relatif kecil, namun risiko dapat terjadi dengan adanya longsor lereng di daratan mengenai struktur atau mengurangi stabilitas angkur. Jika terdapat risiko kegagalan struktur akibat aktivitas seismik teridentifikasi besar, maka fondasi/angkur struktur harus didesain sesuai dengan ISO 19901-2 atau standar nasional/internasional lain yang relevan.
- h. Keamanan waduk  
Berdasarkan pada PERMEN PUPR 27/2015, PERMEN PUPR 6/2020 dan PERMEN PUPR 7/2023 untuk menjamin tingkat risiko kegagalan dengan melakukan peningkatan pada PLTS terapan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:
  1. Penempatan PLTS harus mempertimbangkan kondisi elevasi bendungan saat operasional
  2. Penempatan PLTS harus berada di luar zona aman bendungan, seperti berjarak 500 m dari struktur krusial bendungan, tidak mengganggu bangunan *intake* dan pelimpahan.
  3. Lokasi PLTS maupun operasionalnya tidak boleh mengganggu jalur survei batimetri.
  4. PLTS harus didesain dengan mengantisipasi peningkatan dan pengurangan volume air akibat cuaca ekstrem atau banjir.
  5. Tersedia mitigasi untuk mencegah PLTS hanyut ke bangunan *intake* akibat terjadinya kegagalan sistem tambat PLTS.
- i. Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN)  
Sesuai dengan Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 05/M-IND/PER/2/2017 Tahun 2017 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 54/M-IND/PER/3/2012 Tentang Pedoman Penggunaan Produk Dalam Negeri Untuk Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan, maka petunjuk perhitungan TKDN adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Pertunjuk perhitungan TKDN

No	Komponen	Tidak terkoneksi pada Jaringan PLN ( <i>off grid</i> )	Terkoneksi pada Jaringan PLN ( <i>on grid</i> )
<b>Jumlah TKDN untuk Barang</b>			
1.	Solar Module	Minimum 40%	Minimum 40%
2.	DC Combiner Box	Minimum 20%	Minimum 20%
3.	Distribution Panel	Minimum 40%	Minimum 40%

4.	Transformer	Minimum 40%	Minimum 40%
5.	Cable (AC and DC)	Minimum 90%	Minimum 90%
6.	Protection System	Minimum 20%	Minimum 20%
7.	Module Support	Minimum 42.40%	Minimum 42.40%
8.	Energy Limiter	Minimum 40%	-
9.	Inverter and Solar Change controller	-	-
10.	Battery	-	-

**Jumlah TKDN untuk Barang dan Jasa**

11.	TKDN Goods	Minimum 37.47%	Minimum 34.09%
12.	TKDN Services	100%	100%
13.	TKDN Combined Goods and Services	Minimum 43.72%	Minimum 40.68%

**Dampak Lingkungan**

Dampak lingkungan perlu menjadi perhatian mengingat fungsi waduk di Batam yang digunakan sebagai sumber air minum, telah menjadi perhatian apabila ditempatkan PLTS maka perlu dilakukan kajian dampak lingkungan sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 16 tahun 2021 yaitu dokumen Amdal, Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UPL) dan SPPL. Selain itu perlu juga dilakukan Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung (DDDT) apabila dibangun PLTS di atas permukaan air, maka diperoleh:

1. Proses fotosintesis di air akan menyebabkan penurunan kandungan oksigen dalam air terutama pada area yang tertutup oleh PLTS.
2. Berkurangnya kandungan oksigen akan menyebabkan proses pengurangan alami air waduk terganggu.
3. Apabila dilakukan pencucian panel menggunakan detergen, dapat mempengaruhi kualitas air.

Untuk itu, pemasangan solar panel di atas bendungan, harus memperhatikan kajian penempatan PLTS sehingga tidak mempengaruhi penurunan kadar oksigen air waduk, dan berdampak pada kualitas air baku.

Melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 tahun 2021 perlu dilakukan pengecekan secara berkala terhadap kualitas air baku pada waduk. Terdapat 48 parameter pengukuran yang dapat dilakukan. Apabila parameter berada di luar ambang batas maka perlu dilakukan investigasi dan penanggulangan serta dilakukan pengecekan lebih sering terhadap parameter

kualitas air baku sampai dengan parameter berada pada posisi normal.

**Analisa Ekonomi dan Keuangan**

Perhitungan ekonomi dengan memperhatikan pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, proyeksi kebutuhan listrik Kota Batam. Sedangkan dalam analisa ini keuangan dilakukan 2 skenario dengan melihat luasan area pemanfaatan area proyek panel surya terapung, tarif listrik per kWh (harga jual) dan besaran % biaya bunga pinjaman. Harga jual listrik dari PLTS telah diatur dalam Peraturan Presiden Nomor 112 tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi terbarukan untuk Penyediaan Listrik dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 4 tahun 2020 tentang

Perubahan kedua atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 50 tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Listrik. Asumsi yang digunakan:

**Tabel 4.** Skenario Penggunaan Asumsi

Skenario	Keterangan
1	Tarif Permen ESDM 4/2020, Bunga Investasi Indonesia (Bank Indonesia)
2	Tarif Permen EDM 4/2020, Bunga Green Sukuk Indonesia (Kementerian Keuangan)

Berdasarkan asumsi maka di atas diperoleh:

**Skenario 1**

**Tabel 5.** Skenario 1

Waduk	Luasan permukaan (%)	Kapasitas Listrik (Mw)	Capex (Miliar Rp)	Income (Miliar Rp)	Opex (Miliar Rp)	Interest (Miliar Rp)	NPV Project (Miliar Rp)	NPV Equity (Miliar Rp)	IRR (%)	Keterangan
Duriangkang	5%	85,71	689,197	2.277,51	226	131,5	117,43	767,10	8,95	Layak
	10%	171,42	1.378,394	4.555,02	451	248	234,86	1534,21	9,67	Layak
	15%	257,25	2.068,556	6.835,72	677	355,2	352,46	2302,39	10,24	Layak
	20%	343	2.758,075	9.114,30	903	443,5	469,95	3069,85	11,19	Layak
Tembesi	5%	30	241,231	797,17	79	33	41,10	268,50	6,14	Layak
	10%	60,01	482,543	1.594,60	158	59,5	82,22	537,09	7,05	Layak
	15%	90,02	723,854	2.392,04	237	83,6	123,34	805,68	7,54	Layak
	20%	120,02	965,085	3.189,21	316	106	164,44	1074,18	7,99	Layak

**Skenario 2**

**Tabel 6.** Skenario 2

Waduk	Luasan permukaan (%)	Kapasitas Listrik (Mw)	Capex (Miliar Rp)	Income (Miliar Rp)	Opex (Miliar Rp)	Interest (Miliar Rp)	NPV Project (Miliar Rp)	NPV Equity (Miliar Rp)	IRR (%)	Keterangan
Duriangkang	5%	85,71	1834,70	2.277,51	226	400,71	204,99	1339,07	8,95	Layak
	10%	171,42	3669,41	4.555,02	451	432,91	409,98	2678,15	9,67	Layak
	15%	257,25	5506,68	6.835,72	677	620,33	615,55	4020,98	10,24	Layak
	20%	343	7342,24	9.114,30	903	774,54	820,74	5361,30	11,19	Layak
Tembesi	5%	30	642,18	797,17	79	117,86	146,79	958,93	6,14	Layak
	10%	60,01	1284,57	1.594,60	158	212,54	293,69	1918,50	7,05	Layak
	15%	90,02	1926,96	2.392,04	237	299,83	442,35	2889,53	7,54	Layak
	20%	120,02	2569,14	3.189,21	316	379,76	589,14	3848,45	7,99	Layak

**Tabel 7.** Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 2

Waduk	Skenario			Kelayakan Analisis Keuangan pada luas permukaan waduk			
	No	Tarif/kwh	interest	5%	10%	15%	20%
Duriangkang	1	Rp 1.168	9,27%	✓	✓	✓	✓
	2	Rp 1.168	6,15%	✓	✓	✓	✓
Tembesi	1	Rp 1.168	9,27%	✓	✓	✓	✓
	2	Rp 1.168	6,15%	✓	✓	✓	✓

(Sumber: analisa Badan Pengusahaan Batam)

Berdasarkan hasil di atas, pada skenario pertama, yakni dengan menggunakan tarif yang telah ditetapkan dan suku bunga Bank Indonesia, waduk Duriangkang dan Tembesi dinyatakan layak baik itu dilihat dari penggunaan permukaan waduk 5% sampai dengan 20%.

Sedangkan pada skenario kedua, dengan menggunakan tarif yang telah ditetapkan dan suku bunga yang berasal dari Kementerian Keuangan, waduk Duriangkang dan waduk Tembesi dengan luas permukaan dari 5% dinyatakan layak secara finansial.

## KESIMPULAN

PLTS terapung pada waduk sumber air minum di Batam, dapat menjadi salah satu alternatif sumber energi baru terbarukan terutama untuk kebutuhan industri hijau dan *data centre* yang sedang dikembangkan di Batam.

Desain PLTS terapung dapat dipasang sampai dengan 20% dari seluruh luasan permukaan air di waduk, sesuai dengan peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 7 tahun 2023. Namun pembangunannya harus terlebih dahulu mendapatkan persetujuan dari Komite Keselamatan Bendungan sehingga dalam hal ini kualitas air dapat tetap terjaga. Kriteria desain dari PLTS terapung perlu memperhatikan luasan waduk, perhitungan daya listrik, pelampung (*floating*), angin, yang merupakan sumber pembebanan utama dari PLTS yang terletak di waduk; gelombang; arus, erosi dan sedimentasi; seismik dan stabilitas lereng; keamanan waduk; Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN).

Pada penyiapan dokumen analisa dampak lingkungan dengan memperhatikan perlu dilakukan sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 16 tahun 2021 yaitu dokumen Amdal, Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UPL) dan SPPL. Dampak lingkungan dapat saja terjadi baik dalam tahapan pembangunan maupun tahapan operasional, Sebelum hal itu terjadi maka perlu dilakukan pencegahan yakni dengan penerapan mulai dari perencanaan terkait Keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan (K3L) untuk menghindari *human eror*. Selain itu juga, pengecekan secara berkala dapat dilakukan pada sumber air baku di sekitar area waduk penempatan PLTS merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 tahun 2021.

Tingkat kelayakan keuangan sangat tergantung dari luasan area pemanfaatan area proyek panel surya terapung, tarif (harga jual) listrik per kWh dan besaran % biaya bunga pinjaman. Dari hasil perhitungan finansial waduk Duriangkang dan waduk Tembesi masih layak untuk dilakukan pembangunan proyek PLTS. Hasil kelayakan keuangan harus disertai dengan analisis risiko terhadap lingkungan, teknik dan hukum, karena akan menambah pemahaman terhadap kemungkinan dan

probabilitas risiko pada kondisi di waduk Duriangkang dan waduk Tembesi. Sehingga dapat menambah kriteria keputusan yang akan diambil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amer, A., Attar, H., As'ad, S., Alsaqoor, S., Colak, I., Alahmer, A., . . . Solyman, A. (2023). Floating Photovoltaics: Assessing the Potential, Advantages, and Challenges of Harnessing Solar Energy on Water Bodies. *Journal of Ecological Engineering*, 24(10), 324–339.
- Azni, M. A., Khalid, R. M., Hasran, U. A., & Kamarudin, S. K. (2023). Review of the Effects of Fossil Fuels and the Need for a Hydrogen Fuel Cell Policy in Malaysia. *Sustainability*, 15(5).
- Banik, A., & Sengupta, A. (2021). Scope, Challenges, Opportunities and Future Goal Assessment of Floating Solar Park. 2021 Innovations in Energy Management and Renewable Resources(52042). Kolkata, India: IEEE.
- Choi, Y.-K. (2014). A Study on Power Generation Analysis of Floating PV System Considering Environmental Impact. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 8(1), 75-84.
- Dubey, S., Sarvaiya, J. N., & Seshadri, B. (2013). Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on PV Production in the World – A Review. *Energy Procedia*, 33, 311-321.
- Hutajulu, O. Y., Siregar, B., & Mendoza, M. D. (2022). Studi Kelayakan Potensi Penyinaran Matahari 34 Provinsi Di Indonesia Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Skala Rumah Tangga. *Jurnal Insinyur Profesional*, 2(1).
- Ikhennicheu, M., Danglade, B., Pascal, R., Arramounet, V., Trébaol, Q., & Gorintin, F. (2021). Analytical method for loads determination on floating solar farms in three typical environments. *Solar Energy*, 219, 34-41.
- Kumar, M., Niyaz, H. M., & Gupta, R. (2021). Challenges and opportunities towards the development of floating photovoltaic systems. *Solar Energy Materials and Solar Cells*.
- Marupa, I., Moe, I. R., Mardjono, A., & Malindo, D. (2022). PLTS Terapung: Review Pembangunan dan Simulasi Numerik Untuk Rekomendasi Penempatan Panel Surya di Waduk Cirata. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 13(1), 48–62.
- Sahu, A., Yadav, N., & Sudhakar, K. (2016). Floating photovoltaic power plant: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 815-824.
- Swapnil, D., Narotam, S. J., & Bharath, S. (2013). Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on pv production in the World a review. *Procedia*, 311-32.