

BAB 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2025, pemerintah Indonesia berharap dapat mencapai 23% bauran energi terbarukan, dan pada tahun 2050, angka tersebut akan meningkat menjadi 31%. Energi surya memiliki peran penting dalam mencapai target bauran energi tersebut dengan potensi surya bisa menghasilkan sekitar 207,9 Gigawatt (GW) energi terbarukan[1]. Namun, pengembangan fotovoltaik surya menghadapi beberapa tantangan, terutama dalam hal ketersediaan lahan. Pemasangan panel surya membutuhkan lahan yang luas, yang dapat menjadi tantangan di daerah padat penduduk dimana lahan terbatas. Untuk membangun sebuah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), kebutuhan lahan yang dibutuhkan bervariasi tergantung pada beberapa faktor seperti jenis panel surya, tingkat radiasi matahari, dan kondisi topografi lokasi. PLTS dengan kapasitas 1 MWp membutuhkan lahan sekitar 0,85-0,87 ha. Untuk memenuhi proyeksi pengembangan PLTS pada 2050 yang mencapai 45 GW atau sekitar 22% dari potensi surya Indonesia, dari sekitar 0,675 GWp total kapasitas PLTS terpasang saat ini (kuartal II- 2024) akan membutuhkan setidaknya 37,600 – 38,560 ha [1]–[8] .

Salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan untuk PLTS skala besar selain juga menekan biaya investasi pengadaan lahan adalah dengan memanfaatkan badan air berupa kanal, waduk, danau melalui penerapan PLTS Terapung. Panel surya yang dipasang di atas air, sering disebut sel fotovoltaik terapung *floating*

Error! Unknown document property name.

photovoltaics (FPV). Karena dipasang diatas air maka PLTS Terapung memiliki keunggulan yaitu suhu lingkungan yang lebih rendah karena pendinginan secara alami oleh air membuat sistem akan bekerja lebih efektif. Pantulan dari permukaan air dapat meningkatkan iradiasi matahari yang diterima oleh modul surya sehingga dapat meningkatkan energi yang dihasilkan. Efisiensi pembangkitan (PR) dan faktor kapasitas (CF) PLTS Terapung 2,5 - 3% dan 0,44% secara berurutan lebih tinggi dibandingkan penggunaan PLTS konvensional yang diletakkan diatas tanah[9]. Selain itu PLTS Terapung dapat mengurangi penguapan air akibat berkurangnya jumlah radiasi matahari yang mengenai permukaan air dan membatasi interaksi angin di permukaan air di badan air. Penghematan air dari penguapan setiap tahunnya bisa mencapai 191 juta liter [9]. Pemasangan FPV dapat berpotensi mengurangi pertumbuhan alga yang mengganggu [10] .

Dengan keuntungan tersebut, penggunaan badan air terutama waduk untuk PLTS Terapung telah meningkat secara signifikan dalam lima (5) tahun terakhir [11]. PLTS Terapung berkapasitas besar (100 – 150 MWp) telah dibangun di seluruh dunia sejak tahun 2018 [12] yang didominasi oleh negara yaitu Cina, India dan Korea Selatan. Hingga akhir tahun 2020, total kapasitas terpasang hampir mencapai 2,6 GWp[13]. Saat ini Hangzhou Fengling FPV di China merupakan PLTS Terapung terbesar di dunia dengan kapasitas 320 MW. Di Indonesia, PLTS Terapung Cirata yang merupakan terbesar di Asia Tenggara dan ketiga terbesar di dunia dengan kapasitas 145 MW_{AC} baru saja diresmikan pada November 2023.

Potensi teknis PLTS Terapung Indonesia sebesar 28,4 GW tersebar di 783 lokasi badan air baik di danau maupun di bendungan. Sekitar 4,8 GW terdiri dari 27 lokasi badan air yang juga memiliki pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Potensi pada bendungan dengan PLTA tersebut lebih mudah dikembangkan karena telah memiliki infrastruktur ketenagalistrikan setempat[14]. Potensi besar tersebut diharapkan akan menjadi tulang punggung dalam upaya mempercepat target bauran energi seperti yang diamanatkan undang-undang. Diantara lokasi tersebut, waduk Wonogiri termasuk kedalam daftar potensi serangkaian proyek PLTS Terapung dengan potensi hampir 200MW, kedua terbesar setelah Tembesi FPV[6].

Error! Unknown document property name.

Setidaknya terdapat enam potensi proyek PLTS Terapung yang telah masuk dalam RUPTL PT.PLN (Persero) 2021-2030 sebesar 612 MW[15], diantaranya :

- a. Waduk Wonogiri di Jawa Tengah 100 MW
- b. Waduk Sutami di Karangates, Jawa Timur 122 MW
- c. Waduk Jatiluhur di Jawa Barat, 100 MW
- d. Waduk Mrica di Banjarnegara, Jawa Tengah 60 MW
- e. Waduk Saguling di Jawa Barat, 60 MW
- f. Waduk Wonorejo di Tulung Agung, Jawa Timur 122 MW
- g. Danau Singkarak di Sumatera Barat 48 MW

Pada penelitian ini, penulis akan mendesain dan menganalisa kelayakan secara tekno-ekonomi PLTS Terapung di waduk Wonogiri. Disamping itu penulis akan membuat simulasi PLTS Terapung dengan menggunakan perangkat lunak *PVsyst* untuk menciptakan desain optimal dengan mempertimbangkan variabel diantaranya orientasi panel surya, sudut kemiringan panel surya, dimensi pulau surya, intensitas cahaya matahari, dan faktor iklim. Sehingga memungkinkan penulis memprediksi kinerja sistem, menghitung produksi energi, serta mengevaluasi aspek finansial.

1.2 Perumusan Masalah

Seiring dengan keunggulan PLTS Terapung ditengah keterbatasan lahan, terdapat rumusan masalah yang memerlukan perhatian khusus dalam rangka mengoptimalkan kinerja dan dampak postifnya. Implementasi PLTS Terapung adalah dengan meletakkan panel surya di atas struktur pengapung (*floater*). Sistem ini dilengkapi dengan *anchoring* dan *mooring*. *Anchor* (jangkar) dan *mooring* (tali jangkar) digunakan untuk menahan pergerakan PLTS Terapung agar tidak berpindah di badan air. Jangkar umumnya terbuat dari beton, sedangkan tali jangkar terbuat dari fiber sintetis.

1. Sistem FPV ini terpapar beban lingkungan berupa angin kencang, gelombang yang lebih sering dan tinggi dan arus yang dapat menyebabkan

Error! Unknown document property name.

fatigue pada komponen struktur. Bagaimana desain FPV untuk dapat bertahan dari kondisi beban lingkungan tersebut, dengan variasi kedalaman waduk serta variasi ketinggian muka air ?

2. Karena berada di permukaan air, komponen PLTS Terapung juga tinggi kemungkinan untuk lebih cepat mengalami korosi pada struktur logam yang dapat mengurangi masa operasi sistem PLTS Terapung. Bagaimana spesifikasi material komponen FPV agar dapat bertahan dari daya rusak air.
3. Bagaimana regulasi terkait pemanfaatan PLTS Terapung di atas waduk ?
4. Bagaimana pengaruh regulasi terkait keselamatan bendungan terhadap biaya pembangkitan listrik PLTS Terapung skala besar?
5. Bagaimana kelayakan dari investasi PLTS Terapung skala besar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum :

Mendayagunakan keberadaan bendungan menjadi sarana pembangunan PLTS Terapung di Indonesia.

Tujuan khusus:

1. Mengidentifikasi lokasi potensial PLTS Terapung berdasarkan kondisi iklim, lokal, cuaca, iradiasi matahari, ketersediaan ruang, kedalaman bendungan, dan aspek lingkungan).
2. Mendesain rancangan teknis sistem PLTS Terapung (*platform* terapung, jangkar penahan, tambatan, modul surya, inverter, pengkabelan, ketenaga listrik) serta simulasi jumlah energi listrik yang dihasilkan PLTS Terapung dalam 1 tahun.
3. Mengestimasi biaya investasi, operasional dan biaya pembangkitan listrik PLTS Terapung.
4. Menganalisis kelayakan tekno ekonomi dari investasi PLTS Terapung.

Error! Unknown document property name.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun dilakukan penelitian ini diharapkan memiliki manfaat di masa akan datang diantaranya :

- a) Memberikan wawasan tentang bagaimana pemilihan lokasi penempatan FPV di waduk.
- b) Memberikan informasi terkait rancangan komponen PLTS Terapung skala besar
- c) Menilai kelayakan tekno-ekonomis PLTS Terapung

1.5 Batasan Masalah

Agar memudahkan pada penelitian ini sehingga permasalahan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka batasan masalah dari topik penelitian ini memiliki ketentuan sebagai berikut :

- a) Data terkait informasi waduk yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh melalui review jurnal dan publikasi resmi.
- b) Spesifikasi modul surya yang digunakan adalah jenis modul monokristalin - *bifacial* yang menghasilkan produksi energi lebih besar dibandingkan tipe *polycrystalline* dengan minimal kapasitas 650 Wp dari produsen modul surya tier 1.
- c) Simulasi pemodelan PLTS terapung menggunakan perangkat lunak PVsyst.