

November 2021

PLTS Terapung sebagai Kunci Akselerasi Pengembangan Tenaga Surya Skala Besar di Indonesia

Daniel Kurniawan

Peneliti, Spesialis Teknologi & Material Fotovoltaik

PESAN UTAMA

PLTS Terapung dapat menjadi kunci akselerasi pengembangan tenaga surya skala besar di Indonesia

Berdasarkan perkembangan dan pandangan pasar saat ini yang ditunjukkan oleh beberapa hal:

- **Penurunan harga jual beli listrik (*power purchase agreement*, "PPA") PLTS IPP** yang mencapai 76% dari \$0,25/kWh menjadi \$0,058/kWh dalam periode 2015–2020 (PLTS Oelpuan hingga PLTS Terapung Cirata).
- **Penurunan harga penawaran dalam lelang PLTS IPP yang semakin kompetitif ke angka di bawah \$0,04/kWh**, atau telah menurun sebesar 84% dibandingkan harga PPA PLTS IPP pertama (PLTS Oelpuan).
- **Perkembangan project pipeline** saat ini mencapai **2 GWac hingga 2024**.

Indonesia memiliki potensi teknis PLTS Terapung sebesar 28,4 GW

Potensi teknis tersebut berada di 783 lokasi badan air, di mana setidaknya **4,8 GW** terdiri dari **27 lokasi badan air yang memiliki pembangkit listrik tenaga air (PLTA)**. Potensi pada bendungan dengan PLTA tersebut lebih mudah dikembangkan karena telah memiliki infrastruktur ketenagalistrikan setempat dan dapat diidentifikasi lebih lanjut dan diusulkan sebagai potensi proyek dalam RUPTL PLN berikutnya (2022–2031). Potensi 4,8 GW tersebut memiliki potensi investasi sebesar US\$3,84 miliar (Rp55,15 triliun).

Beberapa hal perlu dilakukan pemerintah untuk merealisasikan potensi pengembangan PLTS Terapung

- **Menetapkan target** yang mengikat untuk pengembangan PLTS Terapung
- **Membentuk program pengadaan PLTS skala besar nasional** (program surya nasional) untuk pencapaian target dalam satu dekade ke depan
- **Mendukung pengembangan proyek PLTS Terapung** seperti studi kelayakan untuk kemudian dilelang menggunakan **lelang terencana (systematic auction)**
- **Memberikan kepastian regulasi harga, mekanisme pengadaan, dan standarisasi perizinan** khususnya untuk PLTS Terapung yang masih relatif baru
- **Mempertimbangkan peningkatan luasan pemanfaatan waduk** yang saat ini hanya 5% menjadi 10–30% (atau lebih, tergantung kriteria bendungan—lihat **Lampiran 1** untuk potensi pengembangan yang lebih optimal)
- **Meninjau regulasi yang masih menghambat pertumbuhan PLTS IPP sesuai kesiapan industri**, seperti nilai tingkat kandungan dalam negeri (TKDN) untuk modul surya, sembari **mempersiapkan strategi kebijakan industri jangka panjang untuk mendukung pengembangan ekosistem dan mata rantai industri surya dalam negeri dari hulu ke hilir**

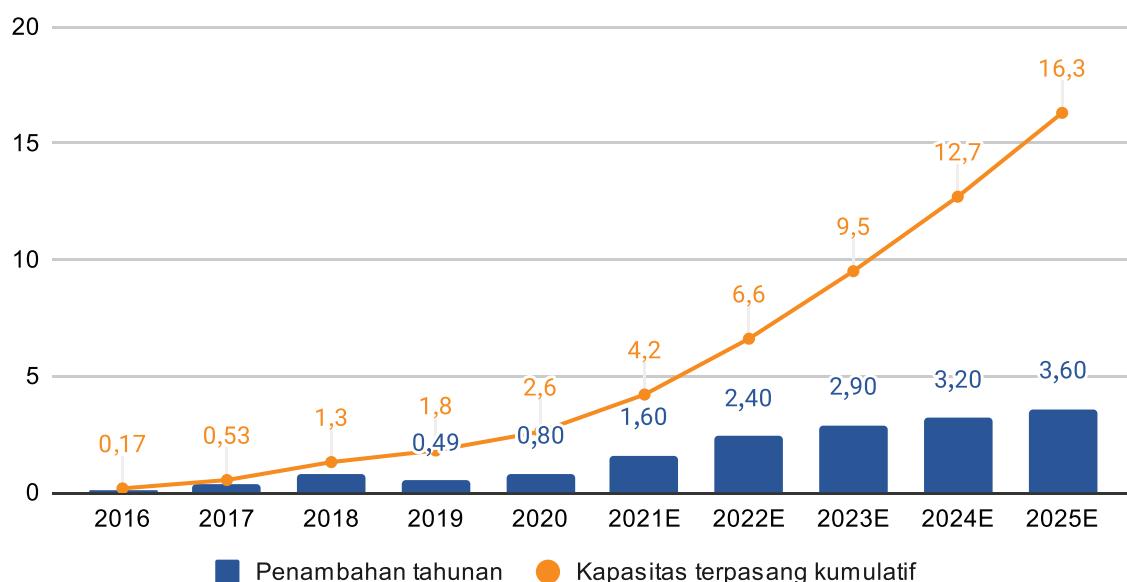
Perkembangan PLTS Terapung Global

Pengaplikasian pembangkit listrik tenaga surya terapung, atau PLTS Terapung, secara global sudah mulai meningkat sejak tahun 2016. Hal ini didorong, salah satunya, oleh keterbatasan lahan untuk pengembangan aplikasi PLTS tradisional ‘*ground-mounted*’ sehingga mendorong inovasi pengaplikasian teknologi struktur pengapung pada badan air seperti waduk dan danau. World Bank Group dkk. (2019) mencatat penambahan kapasitas PLTS Terapung mulai meningkat sejak 2016 dengan penambahan rata-rata 300 MWp per tahun hingga 2018, di mana total kapasitas terpasang mencapai 1,3 GWp di 2018. Hingga akhir 2020, publikasi perdagangan industri fotovoltaik internasional pv magazine (2020) memperkirakan total kapasitas terpasang PLTS Terapung telah mencapai 2,6 GWp, atau meningkat sebesar dua kali lipat dibandingkan kapasitas terpasang di 2018.

Peningkatan pesat dalam dua tahun terakhir beserta dengan perkembangan pasar PLTS Terapung dunia ke depan juga disampaikan oleh grup riset pasar industri Wood Mackenzie (2021) yang memproyeksikan peningkatan kapasitas tahunan PLTS Terapung dari 0,8 GWp di tahun 2020 mencapai 3,6 GWp di tahun 2025, atau mencapai kapasitas terpasang sebesar 16,3 GWp di 2025, seperti terlihat di **Gambar 1**.

Kapasitas terpasang PLTS Terapung global, 2016-2025E

Kapasitas terpasang, GWp



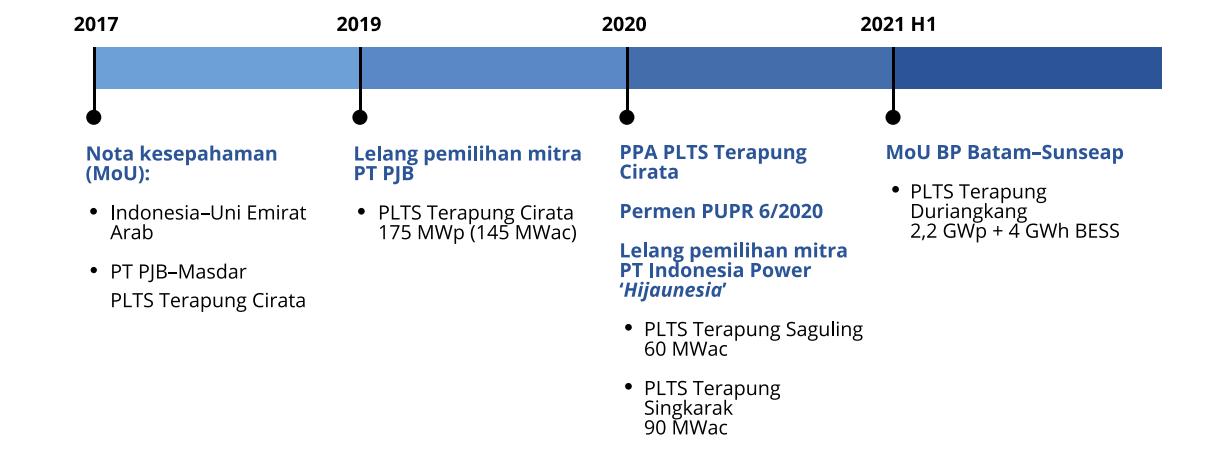
Sumber: pv magazine, 2020; Wood Mackenzie, 2021; World Bank Group dkk., 2019. Analisis IESR

Gambar 1. Perkembangan PLTS Terapung global, 2016-2025E

Jika dibandingkan dengan kapasitas terpasang PLTS global secara keseluruhan (termasuk aplikasi tradisional PLTS, atau ‘PLTS *ground-mounted*’), PLTS Terapung memang masih mewakili sebagian kecil (<1%) saja. Berdasarkan *Statistical Review of World Energy* oleh bp (2021), kapasitas terpasang PLTS global mencapai 7075 GWp dari hanya 72 GWp di tahun 2011, atau meningkat hampir 10 kali lipat dalam satu dekade terakhir. Meski demikian, perkembangan PLTS Terapung diperkirakan akan melesat pesat dalam dekade ini khususnya di daerah Asia seperti Cina, India, Korea Selatan, Taiwan, Malaysia, dan juga Indonesia (Wood Mackenzie, 2021).

Perkembangan PLTS Terapung di Indonesia

Di Indonesia, perkembangan PLTS Terapung justru terlihat lebih pesat dibandingkan PLTS *ground-mounted*. Hingga akhir 2020, Kementerian ESDM (2021a) mencatat kapasitas terpasang PLTS nasional mencapai 153,5 MW, di mana mayoritas kapasitas terpasang masih didominasi oleh pembangkit *off-grid* dan PLTS IPP (pembangkit *independent power producer* yang memerlukan perjanjian jual beli listrik dengan PLN). Di saat yang bersamaan, *project pipeline* dari PLTS Terapung saat ini sudah mencapai setidaknya 295 MWac dari tiga proyek PLTS Terapung di Waduk Cirata, Waduk Saguling, dan Danau Singkarak yang total kapasitasnya mencapai hampir dua kali lipat kapasitas terpasang di akhir 2020 (lihat **Tabel 1** untuk lebih lengkapnya). Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan pasar PLTS Terapung terlihat lebih menjanjikan dibandingkan aplikasi PLTS *ground-mounted* yang dikarenakan, salah satunya, oleh sulitnya mencari lahan untuk pengembangan proyek.



Gambar 2. Perkembangan PLTS Terapung di Indonesia secara historis

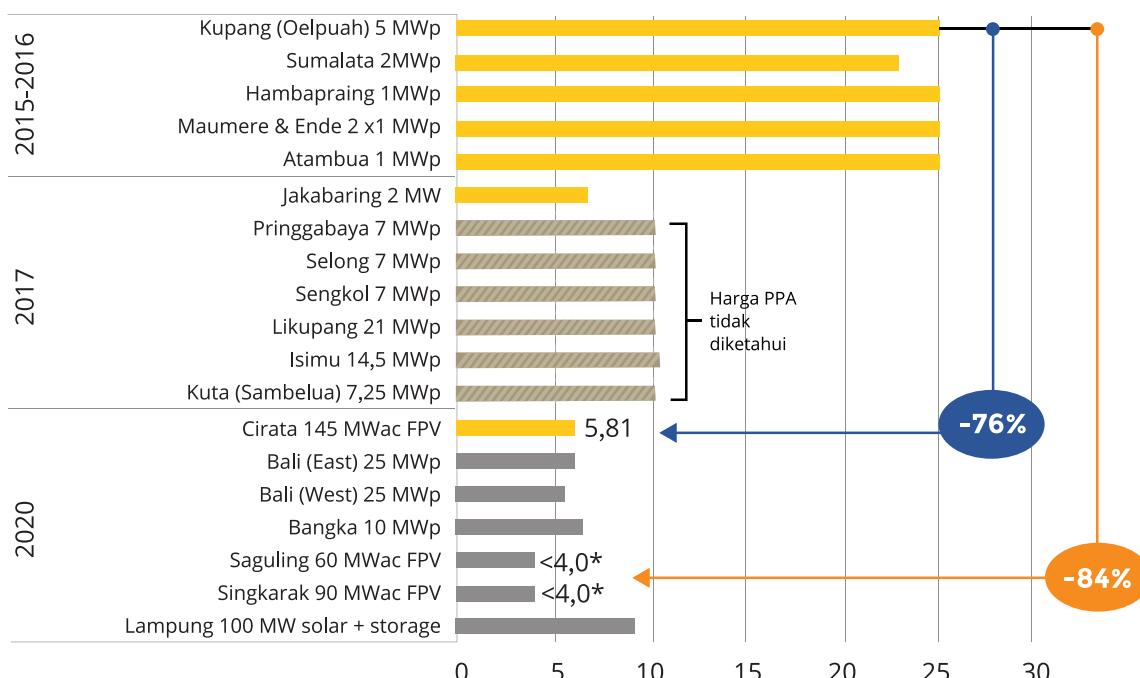
Perkembangan PLTS Terapung skala besar (skema IPP) di Indonesia sendiri dimulai pada pertengahan 2017. Saat itu pemerintah Indonesia dengan pemerintah Uni Emirat Arab menjalin nota kesepahaman untuk melakukan pengembangan proyek PLTS skala besar di Indonesia, yang dilanjutkan dengan penandatanganan persetujuan pengembangan proyek dengan PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) dengan perusahaan badan usaha milik negara (BUMN) Uni Emirat Arab Masdar untuk mengembangkan proyek PLTS Terapung Cirata (Primadhyta, 2017). Kerjasama langsung tersebut kemudian dibatalkan mengingat PLN tidak memiliki skema penunjukan langsung sehingga dikhawatirkan bermasalah secara hukum. Perbaikan kesepakatan ini dilakukan dengan skema penugasan PLN kepada anak perusahaannya (PT PJB) untuk melakukan lelang pencarian mitra ekuitas. Di 2019, CNN Indonesia (2019) dan Sulmaihiati (2019) mencatat bahwa terdapat delapan perusahaan asing yang mengikuti lelang mitra tersebut dan juga terdapat pemberian hak istimewa (*right-to-match*, yaitu hak untuk menyamakan tawaran ketika ada tawaran terendah lain) kepada Masdar karena telah memiliki nota kesepahaman sebelumnya. Di Januari 2020, perjanjian jual beli tenaga listrik (atau *power purchase agreement*, "PPA") proyek PLTS Terapung Cirata pun ditandatangani dengan tarif sebesar US\$5,8179 sen/kWh (Kementerian ESDM, 2020). Per 3 Agustus 2021, proyek ini telah mencapai tahap *financial close* dan resmi memasuki tahap konstruksi dan ditargetkan beroperasi pada November 2022 (Kontan, 2021c).

Perkembangan PLTS Terapung pionir tersebut juga mendorong pemerintah untuk mengeluarkan aturan terkait pengembangan PLTS Terapung khususnya mengenai pemanfaatan waduk. Hal tersebut dituangkan melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat ("**Permen PUPR**") No. 6/2020 tentang Perubahan atas Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan yang memperbolehkan pemanfaatan ruang pada daerah genangan waduk untuk PLTS terapung sebesar 5% luas permukaan waduk pada muka air normal. Berdasarkan perhitungan badan penelitian dan pengembangan Kementerian ESDM (2021b), terdapat potensi teknis sebesar 28,4 GW dari 783 lokasi waduk dan danau (dengan potensi minimal 1 MW), di mana setidaknya terdapat 4,8 GW potensi dari 27 lokasi waduk dan danau yang juga memiliki pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

Tidak hanya proyek PLTS Terapung Cirata saja, tren keekonomian PLTS Terapung juga diperlihatkan dalam dua tahun terakhir dari dua proyek PLTS Terapung yang ditawarkan dalam lelang pemilihan mitra ekuitas (51:49 equity partner auction) PT Indonesia Power dalam lelang Hijaunesia di tahun 2020. Proyek PLTS Terapung tersebut adalah PLTS Saguling 60 MWac di Jawa Barat dan PLTS Terapung Singkarak 90 MWac di Sumatera Barat, yang masing-masing mendapatkan penawaran sebesar US\$3,68 sen dan US\$3,74 sen per kWh (IESR, 2021). Atau telah menunjukkan penurunan sebesar 84% dibandingkan harga PPA PLTS IPP pertama, yaitu PLTS Kupang (Oelpuah) 5 MWp (lihat **Gambar 3**).

Harga PPA dan penawaran lelang PLTS IPP di Indonesia, 2015-2020

Harga PPA final, US¢/kWh (harga penawaran "belum final" berwarna abu-abu)



Sumber: IESR, 2021. Analisis IESR.

Gambar 3. Penurunan harga jual beli listrik dari PLTS IPP di Indonesia, 2015-2020

Selain ketiga proyek tersebut, perkembangan proyek-proyek PLTS Terapung skala besar dalam satu tahun terakhir juga terjadi di luar *Wilayah Usaha* (wilus) PLN, misalnya, wilus kawasan industri anak perusahaan industri baja nasional PT Krakatau Steel (Persero), Tbk. (KS) yaitu PT Krakatau Daya Listrik (KDL). PLTS Terapung ini dibangun di atas Waduk Krenceng yang dikelola oleh PT Krakatau Tirta Industri (KTI) yang mengelola dan menyediakan air bersih untuk kawasan industri sekitar. Proyek PLTS Terapung tersebut akan dikembangkan oleh PT Akuo Energy Indonesia dengan kapasitas 16 MWp (12,5 MWac) dan harga jual listrik sebesar US\$6,5 sen/kWh (kepada KDL sebagai pemilik wilus) (Kontan, 2021a; KTI, 2021). Selain proyek PLTS Terapung pada kawasan industri KS, beberapa perusahaan tambang batu bara juga sudah mulai melakukan diversifikasi bisnis mereka ke usaha pembangkitan listrik tenaga surya (konvensional maupun terapung), seperti contohnya pengembangan PLTS Terapung oleh PT Bukit Asam pada Waduk Sigura-gura milik PT Inalum sebesar 2 x 500 kWp (Kontan, 2021b).

Selain proyek tersebut, pada Juli 2021 lalu juga terdapat pengumuman penandatanganan nota kesepahaman untuk pengembangan PLTS Terapung sebesar 2,2 GWp antara otoritas investasi dan pembangunan lokal Badan Pengusahaan Batam (BP Batam) dengan pengembang energi surya asal Singapura Sunseap pada Waduk Duriangkang, Batam (pv magazine, 2021). Meskipun belum ada keterangan lebih lanjut mengenai skema apa yang hendak digunakan, proyek ini dikatakan hendak mengekspor kelebihan produksinya

ke Singapura melalui kabel bawah laut (mengingat total kapasitas terpasang di Batam hanyalah 540 MW) (Reuters, 2021; The Straits Times, 2021). Proyek senilai US\$2 triliun tersebut diperkirakan akan membutuhkan luasan waduk sebesar 1,600 hektar, atau dua-pertiga dari total luasan Waduk Duriangkang yang adalah 2.400 hektar (yang artinya perlu dilakukan peningkatan atau optimalisasi dari persentase pemanfaatan luas waduk yang diperbolehkan dalam Permen PUPR No. 6/2020 saat ini, lihat **Lampiran 1**) (Hariyadi & Mawardi, 2006). Lebih lanjut, konstruksi proyek tersebut direncanakan akan dimulai tahun 2022 dan diperkirakan akan selesai di tahun 2024. Jika dibangun, proyek ini akan menjadi proyek PLTS Terapung terbesar di dunia dan proyek PLTS terbesar kedua di dunia. Proyek ini juga dikatakan akan menggunakan sistem penyimpanan energi baterai (*battery energy storage system*, "BESS") sebesar 4.000 MWh, yang juga merupakan salah satu proyek BESS terbesar di dunia.

Proyek-proyek tersebut tentunya sangat menjanjikan karena dapat mendorong Indonesia menjadi salah satu titik "panas" untuk pengembangan PLTS Terapung, bahkan menjadi pemimpin pasar dalam perkembangan PLTS Terapung global. **Tabel 1** lebih lanjut memaparkan daftar *project pipeline* dengan total kapasitas mencapai 2.000 MWac (2 GWac).

Tabel 1. Daftar *project pipeline* dan proyek-proyek PLTS Terapung yang telah diumumkan per H1 2021

No	Nama Proyek	Kapasitas	Provinsi	Status	Kategori
1	PLTS Terapung Cirata	145 MWac	Jawa Barat	FC/Konstruksi	PLN (IPP)
2	PLTS Terapung Saguling	60 MWac	Jawa Barat	Pengadaan	PLN (IPP)
3	PLTS Terapung Singkarak	90 MWac	Sumatera Barat	Pengadaan	PLN (IPP)
4	PLTS Terapung Krenceng	16 MWp (12,5 MWac)	Banten	Pra-konstruksi	Di luar <i>Wilayah Usaha</i> PLN
5	PLTS Terapung Sigura-Gura	2 x 500 kWp (0,77 MWac†)	Sumatera Utara	Perencanaan	<i>Captive power</i> (self-consumption)
6	PLTS Terapung Duriangkang + <i>battery energy storage system</i>	2,2 GWp (1.692 MWac†) + 4 GWh	Batam	MoU	Di luar <i>Wilayah Usaha</i> PLN
Total		2.000 MWac			

†Catatan: menggunakan asumsi rasio DC/AC = 1,3:1; MoU: *Memorandum of Understanding* (nota kesepahaman)

Sumber: Analisis IESR.

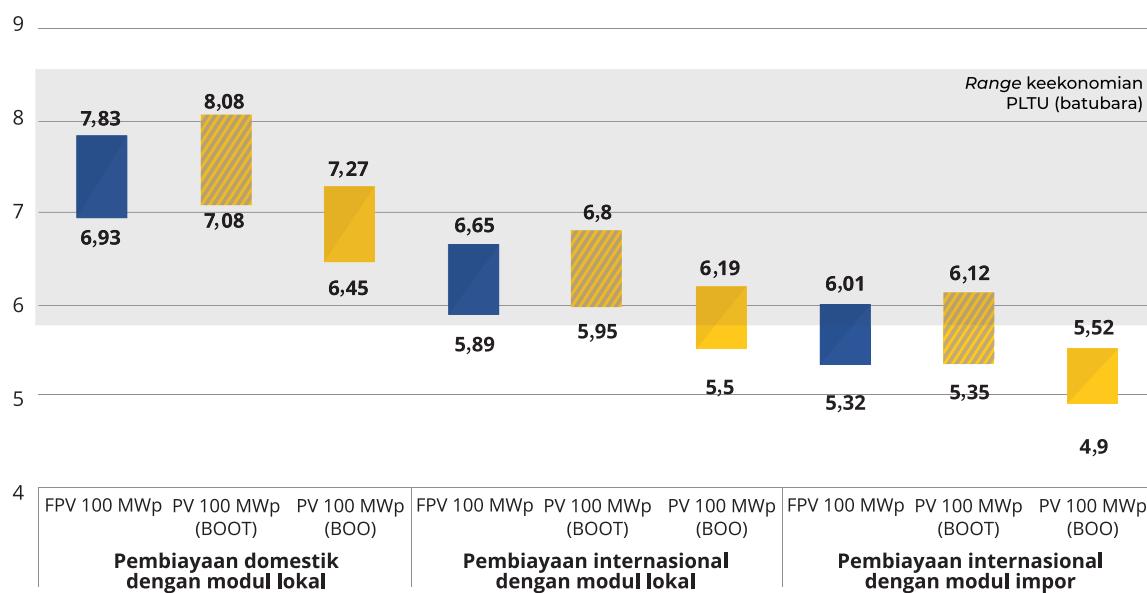
Keekonomian PLTS Terapung

Seperti yang ditunjukkan **Gambar 3** sebelumnya, harga PPA dan penawaran lelang dari PLTS IPP di Indonesia telah mengalami penurunan yang sangat signifikan dalam enam tahun terakhir (2015–2020). Penurunan harga PPA PLTS IPP final dari PPA PLTS IPP pertama (PLTS Oelpuan) mencapai 76% jika dibandingkan dengan harga PPA PLTS Terapung Cirata dan juga telah menurun 84% jika dibandingkan dengan hasil penawaran lelang terendah (bukan harga PPA final) dari lelang *Hijaunesia* oleh PT Indonesia Power. Meski angka tersebut tidak dapat dibandingkan secara langsung dengan semata dikarenakan adanya perbedaan harga *capital expenditure* (CAPEX) sistem PLTS kala itu, regulasi, mekanisme pengadaan, struktur proyek (100% IPP maupun struktur ekuitas 51:49), skala keekonomian, serta hal lainnya, data yang ada cukup jelas menunjukkan bahwa dalam dua tahun terakhir pengembangan PLTS Terapung jauh lebih unggul dibandingkan PLTS *ground-mounted*.

Perlu dicatat bahwa faktor-faktor yang menyebabkan harga penawaran jual beli listrik dari PLTS (baik terapung maupun konvensional) sangat beragam dan tidak terdiri dari satu komponen saja. Oleh karena itu sangat penting untuk melihat harga penawaran maupun harga final PPA tersebut dengan berhati-hati. **Gambar 4** mencoba memperlihatkan parameter apa saja yang dapat mempengaruhi nilai penawaran harga jual listrik (atau harga PPA) untuk target atau ekspektasi pengembalian laju pengembalian minimum suatu investasi (atau *internal rate of return*, "IRR")—dalam hal ini IRR investor (ekuitas) bukan IRR pada level proyek (artinya setelah pembayaran utang)—dengan rentang laju pengembalian tertentu (IRR ekuitas: 10~15%), dimana semakin kecil target IRR-nya, semakin agresif (rendah) tarif listrik yang dapat ditawarkan, atau semakin rendah nilai pengembalinya.

Perbandingan harga jual listrik untuk ekspektasi IRR ekuitas 10-15% (post tax)

Harga jual listrik, US¢ per kWh



Keterangan:

- FPV : PLTS Terapung
- PV (BOOT) : PLTS *ground mounted* skema *build-own-operate-transfer* (sebelum Permen ESDM 4/2020)
- PV (BOO) : PLTS *ground-mounted* skema *build-own-operate* (pasca Permen ESDM 4/2020)

Catatan: Ekspektasi pengembalian pengembang pada nyatanya bisa saja lebih agresif dari asumsi yang digunakan

Sumber: Analisis IESR

Gambar 4. Perbandingan harga jual listrik dari PLTS Terapung dan PLTS konvensional untuk target pengembalian IRR ekuitas investor 10-15% (*post-tax*)

1. Keunggulan PLTS Terapung dibandingkan PLTS *ground-mounted*

Jika dibandingkan secara umum, harga penawaran jual listrik (PPA) untuk target IRR ekuitas tertentu (10~15%) dari PLTS Terapung masih sedikit lebih tinggi (sekitar 7~8%, atau US\$0,4-0,5 sen/kWh) dibandingkan dengan PLTS *ground-mounted* dengan skema BOO—dengan menggunakan asumsi harga modul (lokal maupun impor) dan pembiayaan (domestik maupun internasional) yang sama (lihat **Gambar 4**). Hal ini dikarenakan adanya perbedaan CAPEX sebesar 15-17% untuk PLTS Terapung dengan penambahan struktur pengapung dan komponen elektrikal terkait, meskipun terdapat peningkatan produksi listrik sebesar 5-10% (7% digunakan dalam analisis tersebut) untuk PLTS Terapung karena efek pendinginan panel surya (World Bank Group dkk., 2019). Akan tetapi, PLTS Terapung menunjukkan penawaran harga jual listrik yang lebih rendah dibandingkan PLTS *ground-mounted* dengan skema BOOT (skema yang lalu), di mana di dalamnya terdapat keharusan untuk pembelian lahan, yang dalam hal ini digunakan asumsi harga lahan moderat sebesar Rp200.000,00/m² untuk daerah Jawa (dalam praktiknya harga ini bisa saja lebih tinggi dari yang digunakan). Hal ini menunjukkan bahwa komponen pembelian lahan bisa menjadi faktor yang meningkatkan biaya dari segi CAPEX, khususnya dalam *Owner's additional cost*. Menurut Dutt & Chawla (2020), komponen biaya lahan berkontribusi sebesar 20-30% dari total CAPEX untuk proyek di Jawa.

Perubahan skema BOOT menjadi BOO pada Permen ESDM No. 4/2020 tentunya dapat mendorong pengembangan PLTS *ground-mounted* dengan membuka kesempatan bagi pengembang untuk melakukan sistem sewa lahan (*land lease*) alih-alih melakukan pembelian lahan (yang seringkali spekulatif) sehingga dapat menurunkan ekspektasi harga jual listrik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4** sebelumnya. Meski demikian, dalam praktiknya pencarian lahan masih menjadi salah satu tantangan utama dalam pengembangan PLTS *ground-mounted*. Di sinilah salah satu keunggulan kompetitif utama dari PLTS Terapung dibandingkan PLTS *ground-mounted* di mana pemilihan lokasi pengembangan pada area waduk menjadi relatif lebih mudah karena tidak ada konflik terkait fungsi lahan dengan, misalnya, pertanian atau lainnya. Perlu dicatat studi kelayakan secara teknis, lingkungan, sosio-ekonomi yang cukup kompleks juga dapat menambahkan biaya pengembangan suatu proyek PLTS Terapung.

2. Pembiayaan murah adalah kunci untuk menurunkan tarif PLTS

Jika dilihat perbandingan dari sisi pembiayaan (*financing*), tidak bisa dipungkiri bahwa persyaratan pinjaman dari pembiayaan internasional masih lebih atraktif, karena tingkat suku bunga yang lebih rendah dengan tenor yang bisa lebih panjang. Hal ini tentunya juga berpengaruh terhadap pengembalian investor ekuitas, karena utang harus dibayarkan terlebih dahulu. Sebagai contoh, dalam **Gambar 4**, harga jual listrik PLTS Terapung 100 MWp untuk pembiayaan domestik (suku bunga 9%) dengan modul lokal adalah US\$6,93-7,83 sen/kWh dan dapat berkurang sebesar 15% jika menggunakan pembiayaan internasional (suku bunga 4%) menjadi US\$5,89-6,65 sen/kWh. Hal ini konsisten untuk setiap variabel baik pada PLTS Terapung, PLTS BOO, maupun PLTS BOOT. Ketentuan pembiayaan yang cukup berbeda antara domestik dan internasional ini dapat diasosiasikan terhadap bagaimana lembaga keuangan melihat risiko proyek PLTS dan tentunya *cost of funds* (COF) masing-masing lembaga keuangan.

Berkaitan dengan pembiayaan internasional, lembaga keuangan internasional umumnya mensyaratkan penggunaan panel surya Tier-1, yakni modul surya yang termasuk dalam list surveyor global yang sudah teruji *bankability*-nya. Secara umum terdapat beberapa *tiering* dalam pasar global, namun salah satu yang kerap digunakan adalah BloombergNEF PV Module Tier 1 List (BloombergNEF, 2020). Menurut BloombergNEF, kriteria umum dari manufaktur panel surya Tier 1 adalah mereka yang telah menyediakan merek sendiri (*own-brand*), produk manufaktur sendiri (*own-manufacture products*) untuk setidaknya enam proyek yang berbeda, yang telah dibiayai secara *non-recourse* oleh enam bank komersial yang berbeda (bukan bank pembangunan maupun bank ekspor-impor) dalam dua tahun terakhir. *Bankability* sendiri, secara definisi, mengacu pada kemungkinan sebuah proyek PLTS (atau lebih tepatnya, yang menggunakan produk panel surya, karena merupakan komponen utama PLTS) untuk ditawarkan pembiayaan utang *non-recourse* oleh bank.

Masih berkenaan dengan hal tersebut, dalam praktiknya, sulit bagi pengembang untuk mendapatkan pembiayaan internasional jika menggunakan modul lokal karena dianggap masih belum teruji *bankability*-nya (IEEFA, 2019). Dalam hal ini, tentunya laporan keuangan dan pengalaman teknis perusahaan pengembang juga akan menjadi syarat untuk menerima pembiayaan utang *non-recourse*. Dalam konteks pengembangan PLTS Terapung di Indonesia, seperti di proyek PLTS Terapung Cirata, pengembang besar seperti Masdar merupakan badan usaha milik negara (BUMN) Uni Emirat Arab yang artinya dapat memperoleh suku bunga hutang yang rendah karena merupakan entitas negara dengan *credit rating* yang baik (*sovereign borrowing rate*) (Dutt & Chawla, 2020). Oleh karena itu, analisis untuk pembiayaan internasional dengan modul lokal dan impor juga dilakukan untuk memperlihatkan seberapa besar sensitivitasnya terhadap harga jual listrik yang bisa ditawarkan untuk ekspektasi IRR ekuitas tertentu (10~15%).

3. Penggunaan modul TKDN masih menjadi tantangan untuk mendapat pembiayaan murah

Jika dilihat perbandingan harga jual listrik pembiayaan internasional antara modul lokal dengan modul impor, terlihat bahwa modul impor dapat semakin menurunkan harga jual listrik yang bisa ditawarkan pengembang dengan mempertimbangkan ekspektasi IRR tertentu (10-15%). Hal ini secara umum disebabkan oleh biaya komponen CAPEX modul surya impor yang lebih murah, yaitu berkisar antara US\$0,23-0,25/Wp, dibandingkan dengan modul lokal yang berkisar antara US\$0,33-0,35/Wp. Selain perbedaan CAPEX, secara teknologi, modul impor juga masih memiliki keunggulan dalam hal laju degradasi yang lebih rendah (0,5% per tahun), dibandingkan 0,7% per tahun pada modul lokal, yang disebabkan oleh teknologi yang lebih dewasa pada modul impor (ditambah juga pengalaman produksi yang lebih tinggi).

Seperti yang dibahas dalam poin sebelumnya, pembiayaan murah diperlukan untuk menurunkan harga jual PLTS lebih lanjut, namun isu penggunaan modul lokal (untuk pemenuhan tingkat kandungan dalam negeri, "TKDN") masih menjadi tantangan dalam mendapatkan pendanaan murah dari bank internasional. Selain itu, kapasitas produksi manufaktur modul surya domestik juga masih terbatas. Dalam hal ini, misalnya, belum ada *single supplier* yang bisa memasok kebutuhan proyek PLTS untuk skala 100 MWp. Hal ini menjadi salah satu tantangan bagi pengembang untuk mendapatkan pinjaman. Untuk itu, pemerintah dapat mempertimbangkan hal ini baik dari kebutuhan sektor pembiayaan maupun kesiapan sektor manufaktur modul surya domestik. Dalam hal ini, Pemerintah dapat mempertimbangkan desain regulasi untuk pasar PLTS yang berbeda, yakni pasar PLTS dengan aturan modul TKDN dan non-TKDN, dengan memperhatikan kesiapan dan kebutuhan pasar. Untuk PLTS skala besar (>50 MWp), pemerintah dapat merelaksasi aturan TKDN karena skala keekonomian pasokan belum memadai dan juga ketentuan pembiayaan internasional yang cukup ketat. Untuk PLTS skala kecil (≤ 10 MWp), pemerintah dapat menerapkan aturan TKDN melihat kesiapan manufaktur modul domestik saat ini, juga karena akan ada jaminan harga dari kebijakan *feed-in tariff* yang sedang dipersiapkan melalui peraturan presiden mengenai harga energi terbarukan sehingga jaminan pendapatan dan pengembalian investor bisa lebih terjamin. Sembari menumbuhkan pasar, pemerintah juga perlu mempersiapkan strategi kebijakan industri jangka panjang guna mendukung pengembangan ekosistem mata rantai industri surya dalam negeri agar tidak bergantung pada impor panel surya. Hal ini tentunya dapat dilakukan dengan kolaborasi internasional dengan memaksimalkan transfer teknologi serta riset dan pengembangan serupa dengan pengembangan mata rantai industri baterai ion litium untuk kendaraan listrik yang sedang dikembangkan saat ini.

4. Skala keekonomian memainkan peran untuk menurunkan tarif PLTS

Skala keekonomian juga memainkan peran dalam penurunan harga jual listrik dari PLTS Terapung dan PLTS *ground-mounted*. Hal ini disebabkan karena dengan adanya skala keekonomian proyek yang meningkat, beberapa nilai komponen CAPEX menjadi sedikit lebih murah, terutama untuk komponen panel surya yang masih menjadi kontributor utama CAPEX untuk PLTS Terapung (36%) maupun PLTS *ground-mounted* (40%) (World Bank Group dkk., 2019). Sebagai contoh, nilai komponen CAPEX untuk

modul surya lokal adalah US\$0,34/Wp (pada skala 50 MWp) dan berada pada US\$0,32/Wp (dengan skala 100 MWp). Begitu pula dengan modul impor, yaitu sebesar US\$0,25/Wp menjadi US\$0,24/Wp. Namun demikian, poin mengenai kesiapan manufaktur lokal perlu digarisbawahi, dalam hal ini kesiapan dari segi kapasitas produksi, kualitas, dan juga kriteria-kriteria lain untuk mendapatkan pendanaan murah. [Perlu diketahui juga bahwa saat ini terdapat peningkatan harga panel surya global akibat fluktuasi harga komoditas rantai pasokan seperti polisilikon, perak, dan tembaga sehingga berpotensi mendisrupsi sementara penurunan harga PLTS yang selama ini terus menurun dalam satu dekade terakhir (Bloomberg, 2021)].

Mengapa tren pasar PLTS Terapung dapat menunjukkan penawaran harga yang jauh lebih murah?

Pada akhirnya, penawaran harga jual listrik dalam lelang dilakukan oleh masing-masing pengembang dengan mempertimbangkan ekspektasi pengembalian investasi tertentu (IRR ekuitas maupun proyek) dan biaya pembiayaan (*cost of financing*) yang bisa didapatkan masing-masing pengembang. Dalam hal pengembalian investasi tertentu, pengembang dapat saja melakukan investasi dengan laju pengembalian yang agresif (artinya IRR yang rendah, bahkan di bawah 10%). Dari sisi *cost of financing*, beberapa pengembang internasional, khususnya yang berupa badan usaha milik negara, dapat memperoleh suku bunga hutang yang rendah karena merupakan entitas negara dengan *credit rating* yang baik (*sovereign borrowing rate*) sehingga dapat menawarkan harga jual listrik yang lebih agresif. Oleh karena itu harga penawaran lelang yang sangat rendah tersebut perlu diamati dengan lebih berhati-hati, tidak menjadikannya menjadi sebuah patokan umum (generalisasi), namun menjadi titik data (*data point*) bahwa penawaran rekord terendah itu mungkin di Indonesia.

Hal utama lainnya adalah mengenai pra-pengembangan proyek yang hendak dilelangkan. Selama ini pengembangan proyek PLTS IPP di Indonesia terbilang minim (hanya ada sekitar tiga proyek yang mencapai tender di tahun 2019–2020 silam—di luar PLTS Terapung Cirata yang mendapatkan bantuan pengembangan proyek internasional). Minimnya lelang PLTS IPP selama beberapa tahun tersebut juga berasal dari lemahnya perencanaan sistem ketenagalistrikan dari RUPTL untuk menambahkan kapasitas dari PLTS. Meskipun wacana dari draf RUPTL PLN 2021–2030 mendatang menerima respon yang sangat positif (rencana penambahan sebesar 6 GW selama 2021–2030), PLN perlu melakukan pengembangan proyek dan lelang/pengadaan terencana melalui lelang PLTS yang sistematis (*systematic solar auctions*) untuk memastikan implementasi berjalan lancar dan mendapatkan harga yang paling kompetitif (murah).

Peluang pengembangan PLTS Terapung di Indonesia

Pada 5 Oktober 2021 lalu, Kementerian ESDM baru saja mendiseminaskan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2021–2030 (RUPTL 2021–2030), dimana untuk pertama kalinya RUPTL ini disebut sebagai RUPTL yang lebih “hijau” karena merencanakan penambahan kapasitas pembangkit energi terbarukan dengan porsi lebih besar (51,6%, atau 20,9 GW) dibandingkan pembangkit termal berbahan bakar fosil (48,4%, atau 19,6 GW) (Kementerian ESDM, 2021a). Secara keseluruhan, RUPTL 2021–2030 merencanakan penambahan kapasitas pembangkit sebesar 40,6 GW untuk 10 tahun ke depan.

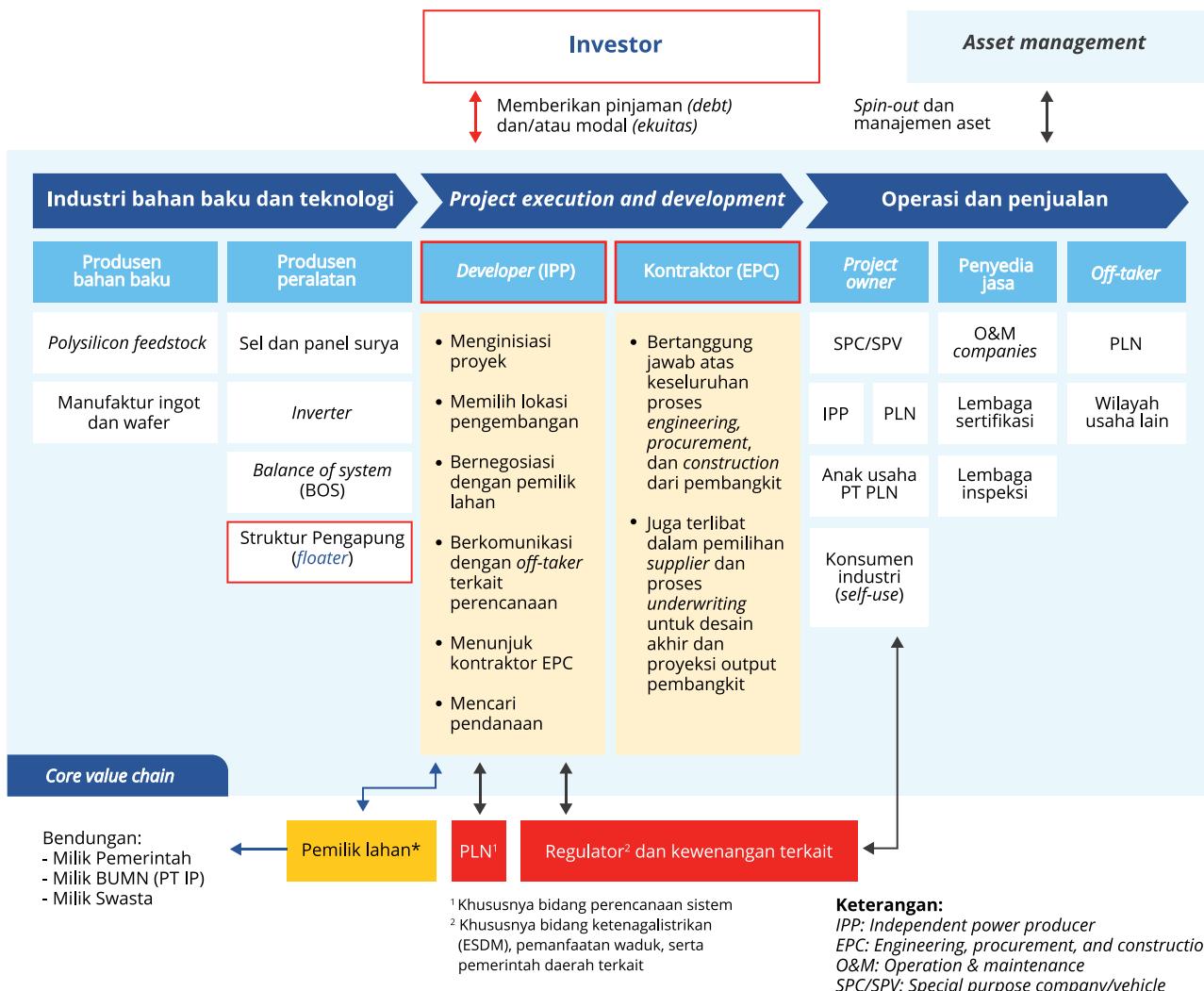
Jika dilihat lebih khusus, penambahan kapasitas PLTS dalam RUPTL 2021–2030 berjumlah 4,68 GW, sedikit menurun dibandingkan draf yang dikemukakan dalam Rapat Dengar Pendapat Komisi VII Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia (Komisi VII DPR RI) pada bulan Mei 2021 dengan total 6 GW, namun tetap menjadi suatu peningkatan yang signifikan dari RUPTL 2019–2028 yang hanya merencanakan penambahan kapasitas sebesar 908 MW. Terlebih penting, setidaknya 63,7% (2,9 GW) dari total rencana penambahan kapasitas PLTS (4,68 GW) tersebut direncanakan akan dikembangkan oleh sektor swasta (skema IPP) (Kementerian ESDM, 2021c; PLN, 2021). Hal ini tentunya diperkirakan akan mendorong pertumbuhan energi surya dalam negeri dalam setidaknya lima tahun ke depan. Terkhusus untuk PLTS Terapung, terdapat setidaknya enam proyek PLTS Terapung, di luar yang sudah masuk dalam *project pipeline*, dengan total kapasitas sebesar 604 MW yang termasuk menjadi perencanaan pengembangan berdasarkan RUPTL 2021–2030, seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Daftar potensi PLTS Terapung yang telah masuk dalam perencanaan RUPTL 2021–2030

No	Waduk/danau	Kapasitas	Provinsi	Status
1	Waduk Wonogiri	100 MW	Jawa Tengah	Perencanaan
2	Waduk Mrica	60 MW	Jawa Tengah	Perencanaan
3	Waduk Sutami	122 MW	Jawa Timur	Perencanaan
4	Waduk Wonorejo	122 MW	Jawa Timur	Perencanaan
5	Waduk Jatiluhur	100 MW	Jawa Barat	Perencanaan
6	Waduk Kedungombo	100 MW	Jawa Tengah	Masuk potensi
Total		604 MW		

Sumber: RUPTL PLN 2021–2030.

Tak hanya proyek dari rencana usaha PLN saja, peluang pengembangan PLTS Terapung di luar wilayah PLN seperti pada beberapa kawasan industri (lihat **Tabel 1**) juga dapat menjadi segmen pasar yang atraktif untuk pengembang dan investor. Selain itu, dengan semakin bertumbuhnya pasar hilir PLTS ke orde gigawatt, tentunya rantai suplai industri PLTS Terapung, seperti struktur apung, maupun PLTS secara umum akan berkembang pesat. Oleh karena itu, pemerintah juga perlu menyiapkan regulasi pendukung lainnya (insentif fiskal) untuk mengantisipasi (atau menarik) kedatangan investasi di sisi industri manufaktur pendukung PLTS seperti panel surya, *inverter*, dan juga struktur apung dalam lima tahun mendatang (lihat **Gambar 5**).



Sumber: Diadaptasi dari Kearney Energy Transition Institute. Analisis IESR.

Gambar 5. Rantai nilai inti industri PLTS Terapung

Melihat tren perkembangan pasar PLTS skala besar (atau PLTS IPP) di Indonesia, tentunya PLTS Terapung akan memainkan peran yang penting dalam pencapaian target energi terbarukan sebesar 23% di tahun 2025 sesuai Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan juga target penurunan emisi di sektor ketenagalistrikan untuk pencapaian *Nationally Determined Contribution* (NDC) Indonesia dalam Persetujuan Paris.

Rekomendasi Kebijakan

Beberapa hal yang dapat dilakukan pemerintah untuk mendorong pengembangan PLTS Terapung dari tingkat kebijakan maupun eksekusi adalah sebagai berikut:

1. **Pemerintah perlu meningkatkan ambisi dan menunjukkan komitmen pengembangan PLTS Terapung (dan PLTS secara umum) dengan:**
 - **Menetapkan target yang ambisius dan mengikat untuk PLTS Terapung** (maupun PLTS secara umum) yang terefleksi secara jelas dalam strategi energi nasional dan dalam rencana pengadaan yang terjadwal dalam RUPTL PLN. Dalam hal ini, **pemerintah dapat membentuk program PLTS nasional dalam orde gigawatt dalam satu dekade ke depan** yang diikuti dengan rencana pengadaan menunjukkan komitmen dan sinyal pasar yang baik untuk investasi jangka panjang, tidak hanya di sisi hilir, namun juga di sisi hulu/manufaktur. Adanya agregat permintaan jangka panjang juga akan menumbuhkan industri manufaktur pendukung terkait (panel surya, inverter, struktur pengapung), dan pemerintah juga sebaiknya mempertimbangkan dukungan regulasi dan insentif untuk industri tersebut.
 - **Menetapkan kebijakan dan regulasi pendukung lainnya** seperti pembatasan emisi GRK, penetapan standar portofolio energi terbarukan (seperti yang sedang dibahas dalam RUU EBT), atau penerapan pajak karbon untuk meningkatkan permintaan energi terbarukan dan mendorong daya saing energi terbarukan.
2. **Pemerintah perlu melakukan pengadaan PLTS Terapung skala besar yang terencana untuk mendapatkan harga dan teknologi terbaik.** Target dan rencana harus diikuti dengan identifikasi dan penciptaan *project pipeline*, khususnya untuk pembangkit skala besar di atas 50 MW, dalam RUPTL PLN. Pemerintah dan PLN dapat mengadopsi skema lelang terbalik (*reverse auction*) yang transparan dan jelas. Kepastian pengadaan ini akan meningkatkan kepercayaan pengembang dan membantu mereka untuk merencanakan investasi jangka panjang.

Dalam proses pengadaan ini, diperlukan pula dukungan untuk pengembangan proyek pra-lelang untuk menurunkan risiko investasi (*de-risking*) dan meningkatkan keekonomian PLTS Terapung. Pemerintah, melalui institusi pembiayaan seperti PT Sarana Multi Infrastruktur (PT SMI), dapat membantu identifikasi dan penyediaan lahan sekitar waduk serta studi pra-kelayakan. Kepastian regulasi terkait sistem sewa pakai atau izin penggunaan waduk perlu diperjelas, termasuk tarif yang ditetapkan.

3. **Pemerintah perlu segera memberikan kepastian regulasi dan kemudahan perizinan untuk pengusahaan PLTS Terapung, dan secara umum untuk pembangkitan listrik energi terbarukan.** Beberapa regulasi yang direncanakan, di antaranya Rancangan Undang-Undang Energi Baru Terbarukan dan Rancangan Peraturan Presiden untuk tarif pembelian listrik energi terbarukan, masih menjadi pembahasan yang berkepanjangan dan perlu segera diselesaikan. Setelahnya, diperlukan penyelarasan dengan peraturan pelaksana di tingkat kementerian dan PLN, sehingga mekanisme dan proses pengadaan pembangkit dapat dilakukan secara jelas.

Berdasarkan histori pengadaan pembangkit listrik oleh PLN, masih terdapat ambiguitas pelaksanaan pengadaan. Terdapat beberapa mekanisme pengadaan lain di luar peraturan payung pembelian tenaga listrik dari sumber energi terbarukan (Permen ESDM 50/2017 beserta revisinya) seperti penugasan kepada anak perusahaan yang dapat menciptakan kebingungan bagi calon investor sehingga hal ini perlu diselaraskan secara jelas dan transparan.

Mengingat pengembangan proyek PLTS Terapung yang masih sangat baru, Kementerian PUPR atau kementerian terkait lainnya perlu mengeluarkan peraturan turunan dari Permen PUPR 6/2020 mengenai petunjuk teknis untuk penentuan 5% luas permukaan waduk, kriteria desain dan standar dokumen yang diperlukan sebagai pemenuhan syarat Izin Pengusahaan Sumber Daya Air (IPSDA), yang saat ini masih belum ada, untuk mempercepat proses perizinan.

Kementerian PUPR dan kementerian terkait juga dapat mempertimbangkan peningkatan/optimalisasi luasan pemanfaatan waduk yang diperbolehkan untuk pemanfaatan PLTS Terapung menjadi 10-30% (atau bahkan lebih, tergantung kriteria bendungan, lihat **Lampiran 1**) seperti yang dilakukan di beberapa negara *market leader* guna meningkatkan aspek keekonomian PLTS Terapung. Hal ini dapat dilakukan melalui kajian aspek teknis mengenai keamanan bendungan, dampak lingkungan dan sosioekonomi, dan juga optimasi lainnya.

4. **Pemerintah perlu meninjau regulasi yang masih menghambat pertumbuhan PLTS IPP sesuai kesiapan industri, sembari mempersiapkan strategi kebijakan industri jangka panjang untuk mendukung pengembangan mata rantai industri surya dalam negeri.** Penggunaan modul lokal untuk pemenuhan TKDN masih menjadi tantangan dalam mendapatkan pendanaan murah dari bank internasional, selain juga kapasitas produksi yang masih terbatas dan juga kualitas yang masih jauh di bawah kriteria standar yang diinginkan pemberi pinjaman. Untuk itu pemerintah dapat meninjau regulasi ketentuan TKDN untuk PLTS, khususnya komponen modul surya, sesuai dengan kesiapan industri. Dalam hal ini, Pemerintah dapat mempertimbangkan desain regulasi pasar PLTS IPP dengan tingkat ketentuan TKDN yang berbeda guna menstimulasi pertumbuhan pasar serta mendorong pembelajaran dari segi tenaga kerja. Sembari menumbuhkan pasar, pemerintah perlu mempersiapkan strategi kebijakan industri jangka panjang guna mendukung pengembangan ekosistem mata rantai industri surya dalam negeri agar tidak bergantung pada impor modul surya. Dalam hal ini, kolaborasi internasional dengan memaksimalkan transfer teknologi serta riset dan pengembangan teknologi dapat dipertimbangkan, serupa dengan pengembangan industri baterai untuk kendaraan listrik saat ini.



IESR adalah *think-tank* di bidang energi dan lingkungan. IESR mendorong transformasi menuju sistem energi berkelanjutan dengan melakukan advokasi kebijakan publik yang bertumpu pada kajian berbasis data dan saintifik, melakukan asistensi dan pengembangan kapasitas, serta membangun kemitraan strategis dengan aktor-aktor non-pemerintah.

Jalan Tebet Barat Dalam VIII No. 20
Jakarta Selatan 12810 | Indonesia
T: +62 21 2232 3069
F: +62 21 8317 073

Daftar Pustaka

- Bloomberg. (2021). *Solar Power's Decade of Falling Costs Is Thrown Into Reverse*—Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-05-23/solar-power-s-decade-of-falling-costs-is-thrown-into-reverse>
- BloombergNEF. (2020). *BloombergNEF PV Module Tier 1 List Methodology*. <https://review.solar/wp-content/uploads/2021/03/BNEF-PV-Module-Tier-1-List-Methodology.pdf>
- bp. (2021). *Statistical Review of World Energy | Energy economics | Home*. Bp Global. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- CNN Indonesia. (2019, 28 Maret). *Lelang PLTS Terapung, BUMN Uni Emirat Arab Dapat Hak Istimewa*. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20190328143306-85-381463/lelang-plts-terapung-bumn-uni-emirat-arab-dapat-hak-istimewa>
- Dutt, A., & Chawla, K. (2020). *Cheaper Finance is Key to Lowering RE Tariffs in Indonesia*. 6.
- Hariyadi, R., & Mawardi, I. (2006). Pengaruh Sedimentasi Terhadap Daya Dukung Waduk Duriangkang di Pulau Batam. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(3), 291–295.
- IEEFA. (2019). *Indonesia's Solar Policies: Designed to Fail?* <https://ieefa.org/ieefa-report-indonesias-solar-policies-designed-to-fail/>
- IESR. (2021). *Hitting Record-Low Solar Electricity Prices in Indonesia*. Institute for Essential Services Reform (IESR).
- Kementerian ESDM. (2020, Januari 23). *Siaran Pers: PLTS Terapung Terbesar di Asia Tenggara Siap Dikembangkan*. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/01/23/2463/plts.terapung.terbesar.di.asia.tenggara.siap.dikembangkan>
- Kementerian ESDM. (2021a, Oktober). *Siaran Pers: RUPTL 2021-2030 Diterbitkan, Porsi EBT Diperbesar*. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/10/06/2981/ruptl.2021-2030.diterbitkan.porsi.ebt.diperbesar>
- Kementerian ESDM. (2021b). *Capaian Kinerja 2020 & Program 2021* (hlm. 36).
- Kementerian ESDM. (2021c, Mei 27). *Rapat Dengar Pendapat Komisi VII DPR RI dengan Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM dan PT PLN (Persero)*. RDP Komisi VII DPR RI tentang RUPTL 2021–2030. https://www.youtube.com/watch?v=8Bplg4s830U&ab_channel=KomisiVIIIDPRRIChannel
- Kementerian ESDM. (2021d, Juli). *Hasil Perhitungan Badan Penelitian dan Pengembangan (Batlitbang) EBTKE Semester Satu 2021*. Pemutakhiran Potensi EBT 2021.
- Kontan. (2021a, 5 April). *Krakatau Steel (KRAS) akan bangun PLTS Terapung dengan nilai investasi US\$ 14 juta*. kontan.co.id. <https://industri.kontan.co.id/news/krakatau-steel-kras-akan-bangun-plts-terapung-dengan-nilai-investasi-us-14-juta>
- Kontan. (2021b, Juli 28). *Perusahaan tambang batubara gencar menggarap proyek hilirisasi dan energi hijau*. PT. Kontan Grahanusa Mediatama. <https://newssetup.kontan.co.id/news/perusahaan-tambang-batubara-gencar-menggarap-proyek-hilirisasi-dan-energi-hijau>
- Kontan. (2021c, 3 Agustus). *Financial close tercapai, PLTS terapung Cirata dikebut*. kontan.co.id. <https://industri.kontan.co.id/news/financial-close-tercapai-plts-terapung-cirata-dikebut>
- KTI. (2021, Juli 12). *Porsi Luasan yang Layak untuk PLTS Terapung di Waduk Krenceng*. FGD Optimalisasi Luasan Genangan Waduk untuk PLTS Terapung.

- PLN. (2021). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2021–2030*. PT PLN (Persero). <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2021/10/ruptl-2021-2030.pdf>
- Primadhyta, S. (2017, 29 November). *Indonesia-Uni Emirat Arab Garap PLTS Apung Terbesar di Dunia*. CNN. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20171129094906-85-258827/indonesia-uni-emirat-arab-garap-plts-apung-terbesar-di-dunia>
- pv magazine. (2020). *Floating solar PV gains global momentum*. Pv Magazine International. <https://www.pv-magazine.com/2020/09/22/floating-solar-pv-gains-global-momentum/>
- pv magazine. (2021, 21 Juli). *Sunseap announces 2.2 GW floating PV project at Indonesian water reservoir*. Pv Magazine International. <https://www.pv-magazine.com/2021/07/21/sunseap-announces-2-2-gw-floating-pv-project-at-indonesian-water-reservoir/>
- Reuters. (2021, 22 Juli). *Sunseap to build \$2 bln floating solar farm in Indonesia, world's largest*. Reuters. <https://www.reuters.com/business/energy/sunseap-build-2-bln-floating-solar-farm-indonesia-worlds-largest-2021-07-22/>
- Sulmaihiati, F. (2019, 4 Juli). *Delapan Perusahaan Asing Ikut Tender Proyek PLTS Cirata*. <https://katadata.co.id/febrinaiskana/berita/5e9a5181e3157/delapan-perusahaan-asing-minati-proyek-plts-cirata>
- The Straits Times. (2021, 21 Juli). *Sunseap inks deal to build the world's largest floating solar farm and energy storage system in Batam* [Text]. The Straits Times. <https://www.straitstimes.com/business/companies-markets/sunseap-inks-agreement-to-build-worlds-largest-floating-solar-farm-and>
- Wood Mackenzie. (2021). *Why Floating Solar Has An Important Role To Play In The Energy Transition* | Wood Mackenzie. <https://www.woodmac.com/news/opinion/why-floating-solar-has-an-important-role-to-play-in-the-energy-transition/>
- World Bank Group, ESMAP, & SERIS. (2019). *Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report*. World Bank. <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/32804>

Lampiran 1 - Perbandingan % luas permukaan waduk untuk PLTS Terapung

Tabel L1. Perbandingan pemanfaatan luas permukaan, kedalaman, dan variasi air untuk PLTS Terapung di empat negara pasar unggulan

Negara	Jenis badan air	Kisaran dari % luas permukaan waduk yang digunakan untuk PLTS Terapung	Kisaran kedalaman dari badan air untuk PLTS Terapung (dalam meter)	Kisaran variasi ketinggian air (dalam meter)
Tiongkok	Kolam (ponds) irigasi	10%-30%	3,5-14,1	3,5-8,0
	Kolam industrial	Info tidak tersedia	Info tidak tersedia	Info tidak tersedia
	Badan air besar	10%-40%	Info tidak tersedia	Info tidak tersedia
	Kolam pertambangan	10%-20%	3-12,5	4,8
Jepang	Kolam irigasi	10%-70%	1,8-15,1	1,8-15,1
	Kolam industrial	Info tidak tersedia	Info tidak tersedia	Info tidak tersedia
	Waduk penyimpanan air	15%-86%	3,0-5,0	3,0-5,0
Taiwan	Kolam irigasi	11%-28%	3,6-4,6	2,4-4,6
	Kolam industrial	15%	14	5
	Waduk penyimpanan air	7%-10%	Info tidak tersedia	Info tidak tersedia
Britania Raya	Kolam irigasi	2%-15%	4,0-18,4	4,0-18,4
	Instalasi pengolahan air	48%	10	10

Sumber: *The Energy and Resources Institute (TERI), India (2019)*