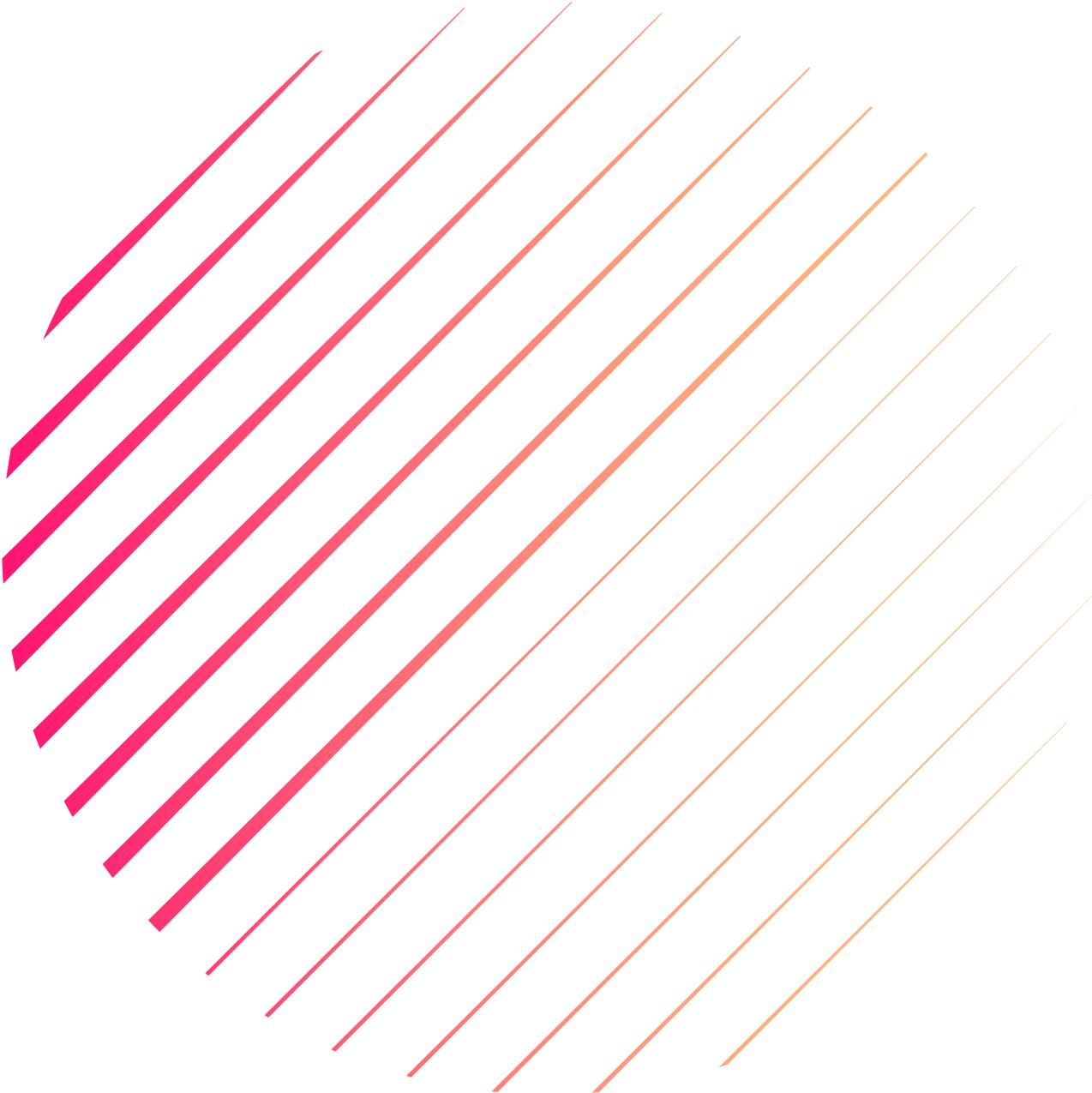


# BINCANG ENERGI SURYA



October 2023



Dokumen ini merupakan rangkuman singkat dari seri Bincang Energi Surya 2023 yang diselenggarakan oleh Institute for Essential Services Reform (IESR), Asosiasi Peneliti Indonesia di Korea (APIK), Solar Scholars Indonesia (SSI), Perhimpunan Pelajar Indonesia di Australia (PPIA), Solarin, dan Insygnia.

**Editor**

Denny Gunawan, Muhammad Syahman Samhan, Putra Hanif Agson Gani.

**Kontributor**

Widi Himawan, Rosyid Jazuli, Tri Mumpuni, Yves Rumajar, Muhammad Agiya Fersya, Fidel Castro, Alvin Putra Siswinugraha, Denny Gunawan, Adam Febriyanto, Rohib, Abram Perdana, Danny Pudjianto, Yusak Tanoto, Randi Azmi, Havid Aqoma, Anies Mutiari.

## Daftar Isi

<b>Ringkasan Eksekutif .....</b>	<b>4</b>
<b>Teknologi, Kebijakan dan Tantangan Energi Surya Dalam Mendukung JETP dan NZE .....</b>	<b>5</b>
Kebijakan Pemerintah dan Transisi Energi Surya di Indonesia.....	5
Tantangan dan Kebijakan Seputar Energi Surya .....	5
<b>Mewujudkan Desa Mandiri Energi dalam Transisi Energi Melalui Pemberdayaan Masyarakat .....</b>	<b>6</b>
Aspek Sosio-Ekonomi Pengembangan Energi Surya Dalam Transisi Energi .....	6
Siapakah Kita Bertransisi Energi Demi Kesejahteraan Bersama.....	6
<b>Skema Penerapan Solar PV di Indonesia .....</b>	<b>7</b>
On-Grid Solar PV with Net-Metering System at C&I Sector in Indonesia.....	7
Solusi Pertanian Berkelanjutan Menggunakan Pompa Surya.....	7
Utility-Scale Solar: Projects Development and Policy Updates.....	8
<b>Revitalisasi Industri Energi Indonesia Melalui Pengembangan Teknologi Ramah Lingkungan Berbasis Energi Surya dan Fuel Cell.....</b>	<b>9</b>
Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Energi Surya Dalam Teknologi Power-to-X di Indonesia.....	9
Development of Advanced Polymer Materials for Proton and Anion Exchange Membrane Fuel Cells....	9
Potensi Logam Non-Mulia untuk Pengembangan Katalis pada Fuel Cell.....	10
<b>Energy Mix, Storage, and PV Integration to Grid.....</b>	<b>11</b>
Grid Integration of Solar PV Systems: Challenges & Mitigation.....	11
Understanding the Concept of Energy Mix and Its Importance in Transitioning to a Sustainable Energy Future .....	11
Clustering-Based Energy Trilemma of Possible Future High VRE Generation Portfolios.....	12
<b>Next Generation Solar Cell.....</b>	<b>13</b>
From Single- to Multi-Junction Perovskite-Based Solar Cells: Targeting Multi-Terawatt Scale PV.....	13
Colloidal Quantum Dot Solar Cells .....	13
Cu <sub>2</sub> ZnSn(S,Se) <sub>4</sub> Solar Ink for Earth-Abundant Thin Films PV Application .....	13
<b>Kesimpulan .....</b>	<b>14</b>
<b>Referensi .....</b>	<b>15</b>

## Ringkasan Eksekutif

Indonesia telah menetapkan target transisi energi yang ambisius dalam kerangka Updated Nationally Determined Contribution (NDC). Komitmen utama Indonesia adalah pengurangan emisi gas rumah kaca pada 2030 menjadi 31,89% dengan usaha sendiri atau 43,20% dengan dukungan internasional. Target transisi energi Indonesia ini sangat penting dalam rangka mendukung upaya global untuk mencapai target kesepakatan iklim internasional dan memitigasi dampak serius dari perubahan iklim.

Pemanfaatan energi surya memiliki peranan penting dalam mencapai target iklim Indonesia, karena energi surya merupakan sumber energi bersih yang melimpah di Indonesia. Dengan memanfaatkan sinar matahari yang melimpah, Indonesia dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dengan menggantikan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang mencemari lingkungan. Data menunjukkan bahwa potensi kapasitas energi surya terpasang di Indonesia diperkirakan mencapai lebih dari 200 GW, dengan hampir 70% wilayah Indonesia menerima tingkat radiasi matahari yang sangat baik, seperti Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara.

Bincang Energi Surya membahas penggunaan energi surya di Indonesia dari berbagai dimensi dan aspek yang penting dalam transformasi energi. Implementasi energi surya melibatkan pengembangan kebijakan yang mendukung, termasuk insentif fiskal dan regulasi yang mendorong investasi dalam solar PV, serta kerangka waktu yang jelas untuk pencapaian target energi terbarukan. Di samping itu, teknologi solar PV yang terus berkembang memungkinkan konversi energi matahari menjadi listrik secara efisien dan terjangkau. Kemudian, teknologi smart dan super grid diperlukan untuk mengintegrasikan energi surya ke dalam jaringan dan memastikan ketersediaan pasokan energi yang merata. Selain itu, teknologi penyimpanan energi adalah kunci dalam memastikan pasokan energi surya yang andal. Di luar aspek teknis, penggunaan energi surya juga membawa manfaat sosial dan ekonomi dengan menciptakan lapangan kerja, meningkatkan akses energi di daerah pedesaan, dan mengurangi emisi gas rumah kaca, menciptakan dampak positif yang luas bagi masyarakat dan lingkungan.

Tak diragukan, energi surya memiliki peranan kunci dalam upaya transisi energi Indonesia mengingat besarnya potensi yang dimiliki Indonesia. Untuk dapat memanfaatkan sepenuhnya potensi ini, diperlukan komitmen kuat dari pemerintah, sektor swasta, lembaga akademis, dan masyarakat. Pemerintah dapat memberikan intensif dan regulasi yang mendukung investasi dalam infrastruktur energi surya. Sementara, sektor swasta membawa inovasi dan modal yang diperlukan untuk mengembangkan proyek-proyek energi surya. Lembaga akademis dapat berkontribusi melalui penelitian dan wawasan teknis yang diperlukan. Kesadaran dan partisipasi masyarakat umum pun juga berperan penting untuk mendukung keberhasilan implementasi energi surya di Indonesia. Melalui kolaborasi yang kuat, Indonesia dapat menciptakan sistem energi yang lebih bersih, lebih efisien, dan lebih ramah lingkungan. Upaya ini penting untuk mencapai keberlanjutan dalam sektor energi yang akan memberikan manfaat jangka panjang bagi negara.

## Teknologi, Kebijakan dan Tantangan Energi Surya Dalam Mendukung JETP dan NZE

Rekaman webinar dapat dilihat di [sini](#).

### Kebijakan Pemerintah dan Transisi Energi Surya di Indonesia

Oleh: Widi Himawan

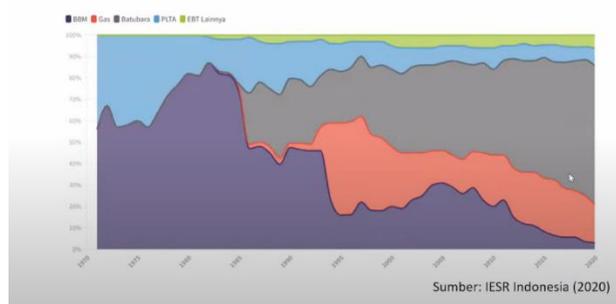


Pada 27<sup>th</sup> Conference of the Parties (COP27), Indonesia berkomitmen menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 31,89% dengan kemampuan sendiri dan 43,20% dengan bantuan internasional. Indonesia sebenarnya memiliki potensi energi baru dan terbarukan (EBT) yang sangat besar, terutama energi surya yang kapasitas pembangkitnya terbesar dibanding EBT lain yakni sebanyak 3.200 GW. Namun sayangnya saat ini hanya hitungan MW yang sudah dimanfaatkan. Kabar baiknya, tren biaya pembangunan proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) kini semakin murah. Meskipun begitu, bukan berarti pengembangan EBT secara umum tidak memiliki tantangan tersendiri. Diperlukan dukungan yang kuat dari semua pihak, baik dari BUMN dan swasta, akademi, dan masyarakat agar pengembangan EBT berjalan dengan optimal.

### Tantangan dan Kebijakan Seputar Energi Surya

Oleh: Rosyid Jazuli

#### Bauran sumber energi untuk listrik di Indonesia (1970 – 2020)



Beberapa tantangan seputar pengembangan PLTS di Indonesia, antara lain: harga instalasi yang masih mahal dibanding batu bara yang kini juga masih menjadi primadona, minimnya realisasi atas komitmen yang dibuat, rendahnya konfidensi pasar investasi dengan adanya monopoli PLN dan Pertamina, minimnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya energi terbarukan dan lingkungan yang berkelanjutan. Kabar baiknya, Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan energi surya melalui program JETP. Beberapa peluang yang didapatkan adalah pendanaan yang besar (mencapai 20 miliar dolar), tren dunia yang bergerak ke arah pembangunan berkelanjutan, serta riset, pengembangan, dan investasi di tenaga surya.

Oleh karena itu, perlu dukungan dari pemerintah agar realisasi berjalan dengan lancar. Pemerintah diharapkan agar memiliki rencana yang jelas, membuat kebijakan yang tidak tumpang tindih, dan meminimalisir adanya potensi dana dalam bentuk pinjaman. Beberapa langkah yang dapat menyukseskan transisi energi surya yakni dengan belajar lewat reformasi subsidi, pelaksanaan yang bertahap namun realistis secara skup dan waktunya, kampanye dan edukasi yang persisten, serta dukungan berupa subsidi riset dan produksi.

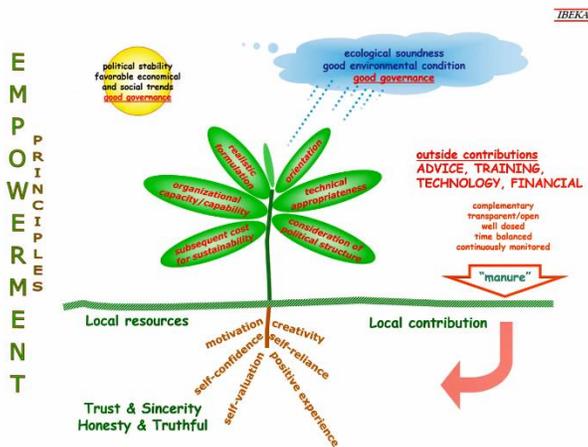
Transisi menuju energi terbarukan sudah berlangsung sejak lama di negara-negara maju. Dari mereka, seharusnya kita dapat belajar dengan seksama, menggunakan informasi dan pengetahuan yang sudah ada. Terlepas dari itu, kita juga tetap melihat situasi di mana kita berpijak sekarang, dan mempertimbangkan berbagai aspek untuk mengejar ketertinggalan. Dengan potensi besar yang kita punya dan langkah yang tepat, kita dapat mengambil langkah yang efektif untuk beralih ke energi yang lebih bersih.

## Mewujudkan Desa Mandiri Energi dalam Transisi Energi Melalui Pemberdayaan Masyarakat

Rekaman webinar dapat dilihat di [sini](#).

### Aspek Sosio-Ekonomi Pengembangan Energi Surya Dalam Transisi Energi

Oleh: Tri Mumpuni



Dalam pemasangan teknologi, penting untuk melibatkan masyarakat agar mereka tidak hanya menjadi pengguna pasif, tetapi juga memahami cara memperbaiki dan bertanggung jawab terhadap teknologi tersebut. Contoh kasus masyarakat yang tinggal di Kalimantan Timur yang memiliki panel surya di atap-atap rumah mereka tetapi sudah tidak berfungsi karena mereka tidak tahu tentang penggunaan baterai yang tepat.

Dalam membawa teknologi ke masyarakat, peran swasta dapat dilibatkan, asal mereka harus berfungsi seperti PLN, yang tidak hanya memasang teknologi, tetapi juga memantau dan melakukan perbaikan jika terjadi kerusakan. Bila ingin diserahkan penuh ke masyarakat, hal ini juga boleh, asal aspek

antropologi dan teknologi juga diperhatikan, bukan hanya aspek sosial ekonomi. Tujuan akhirnya adalah untuk mempersiapkan masyarakat secara menyeluruh, termasuk lapisan masyarakat bawah.

Upaya-upaya lain yang perlu dilakukan untuk mensejahterakan masyarakat melalui teknologi tidak terbatas pada aplikasinya yang meluas, tapi juga dari sisi peningkatan nilai TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri) agar kita tidak terus menjadi konsumen komponen impor. Dengan demikian, kita dapat memperoleh manfaat yang lebih besar dari segi ekonomi.

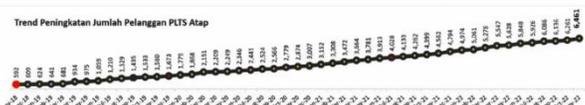
### Siapakah Kita Bertransisi Energi Demi Kesejahteraan Bersama

Oleh: Yves Rumajar

Roadmap Pengembangan PLTS Atap



Capaian PLTS Atap s.d Februari 2022 : 5,321 Pelanggan dan Kapasitas 59,84MWp atau sebesar 13,3% dari target di tahun 2022



Konversi energi menjadi sangat penting mengingat mayoritas listrik yang digunakan saat ini berasal dari sumber energi fosil yang akan habis dalam kurun waktu 9-69 tahun. Indonesia berkomitmen melalui Nationally Determined Contribution (NDC) untuk mencapai 23% energi terbarukan (saat ini <10%) pada tahun 2025 dan memiliki cita-cita untuk mencapai Net Zero Emissions (NZE) pada tahun 2060. Peraturan juga telah dibuat untuk mendukung transisi menuju energi terbarukan.

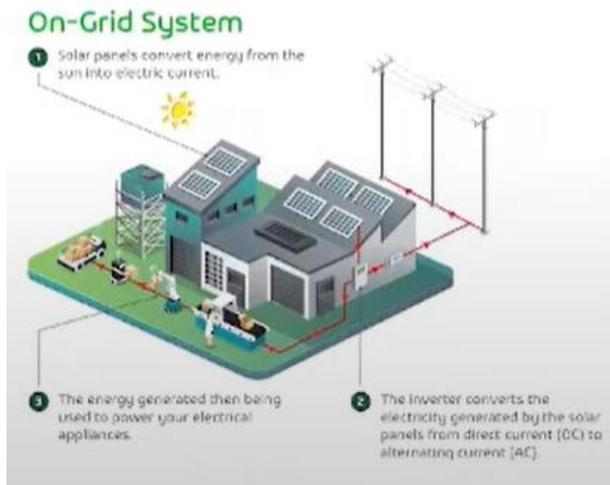
Indonesia juga bertekad untuk mengurangi emisi karbon dioksida melalui NDC dengan menargetkan penurunan sebesar 314 juta ton pada tahun 2030 dengan upaya domestik dan 446 juta ton dengan bantuan internasional. Langkah-langkah mitigasi yang dilakukan termasuk pengembangan energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi, pembangkit listrik bersih, pergantian bahan bakar, dan reklamasi pasca tambang. Dalam target dan realisasi yang telah dicapai, Indonesia berhasil melampaui target pengurangan karbon dioksida, menunjukkan pencapaian yang positif. Langkah-langkah mitigasi yang dilakukan spesifik dalam bidang energi terbarukan meliputi pembangunan panel surya atap dan penggunaan co-firing dalam pembangkit listrik. Dalam upaya efisiensi energi, diperkenalkan kendaraan listrik dan kompor induksi. Pada tahun 2025, Indonesia memiliki target pemasangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap sebesar 3.610 MW. Secara garis besar, Indonesia sudah bertekad melakukan transisi menuju energi terbarukan, suka atau tidak suka, masyarakat pada akhirnya juga akan ikut bertransisi.

## Skema Penerapan Solar PV di Indonesia

Rekaman webinar dapat dilihat di [sini](#).

### On-Grid Solar PV with Net-Metering System at C&I Sector in Indonesia

Oleh: Muhammad Agiya Fersya



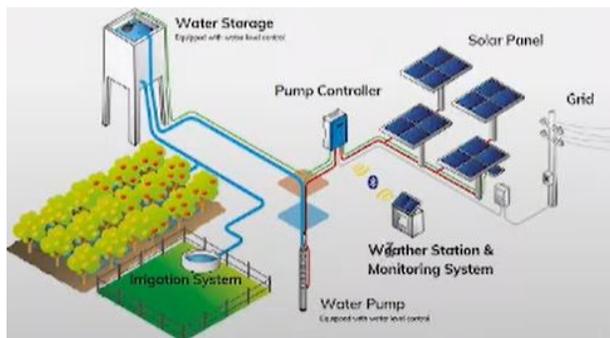
Target pasar terbesar penggunaan solar PV saat ini dipegang oleh industri (pabrik) dan komersial (mall, hotel, dan sebagainya). Sudah banyak dari industri besar di tanah air yang berbondong-bondong melakukan transisi menuju carbon neutral. Hal ini diharapkan akan jadi efek domino bagi perusahaan kecil yang lain untuk mengikuti jejak yang sama. Selain karena alasan lingkungan, perilaku ini juga diharapkan akan menaikkan company branding, dan mendukung program pemerintah Indonesia dan sustainable development goals (SDGs).

Segala peraturan mengenai energi surya di Indonesia secara khusus tertuang dalam Peraturan Menteri ESDM No.26 Tahun 2021. Salah satunya membahas mengenai Net Metering Scheme, dimana PLN menyediakan jasa penyambungan ke

jaringan PLN dan klien tidak perlu membeli baterai. Skema ini cukup populer karena akan menekan biaya instalasi PLTS. Penjelasan ringkasnya, pada siang hari yang cerah dan klien bisa menggunakan panel surya dengan optimal, kelebihan energi yang dihasilkan akan dikirim ke PLN untuk dikirim ke grid PLN (dijual). Hal ini yang akhirnya akan mengurangi biaya listrik PLN.

### Solusi Pertanian Berkelanjutan Menggunakan Pompa Surya

Oleh: Fidel Castro

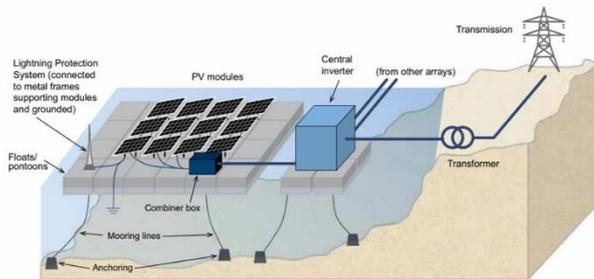


Dalam aspek agrikultur, sistem panel surya dapat dimanfaatkan terutama dalam hal pengairan. Singkatnya, energi yang dihasilkan akan menggerakkan pump controller yang kemudian menggerakkan water pump. Pompa ini akan menarik air dari dalam tanah dan menyalurkannya menuju tampungan di water storage dan akhirnya dipakai untuk pengairan. Secara ekonomi, bila dilakukan perhitungan secara jangka 5 tahun pemakaian, harga total yang harus dikeluarkan untuk menggunakan energi surya hampir setara dengan energi gas bersubsidi, dan masih lebih murah dari diesel bersubsidi. Tanpa subsidi untuk kedua

energi tersebut, energi surya akan jauh lebih murah. Dari segi lingkungan, tentunya energi surya pemenang ulung jika dibandingkan dengan yang lain.

## Utility-Scale Solar: Projects Development and Policy Updates

Oleh: Alvin Putra Sidwinugraha



Sistem ketenagalistrikan di Indonesia terbagi menjadi 2, yakni yang bersumber dari PLN atau swasta, yang dikenal sebagai Independent Power Producer (IPP). Dari tahun 2016-2020, total kapasitas PLTS yang sudah terpasang oleh IPP di seluruh Indonesia adalah sebesar 76,75 MWp.

Sistem pemasangan PLTS tidak hanya dilakukan di permukaan tanah/atap, namun bisa juga dipasang di atas air, yang dikenal dengan floating PV. Sistem ini memiliki beberapa keunggulan,

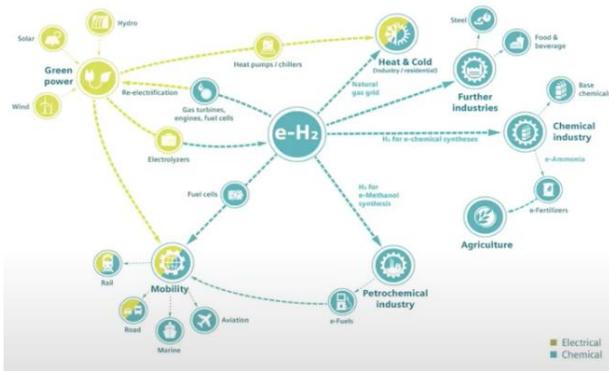
salah satunya terdapat cooling system alami dari reservoir yang akan menaikkan efisiensi kinerja PLTS. Sejauh ini, sudah muncul peraturan mengenai floating PV yang diatur oleh kementerian PUPR. Terdapat pembatasan total pemasangan sebesar maksimal 5% dari total reservoir. Hal ini mengartikan adanya potensi energi surya sebesar 28 GW dengan sistem ini. Sayangnya, belum ada regulasi lengkap dan spesifik soal hal-hal lain termasuk perihal keamanan pemasangan floating PV.

## Revitalisasi Industri Energi Indonesia Melalui Pengembangan Teknologi Ramah Lingkungan Berbasis Energi Surya dan Fuel Cell

Rekaman webinar dapat dilihat di [sini](#).

### Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Energi Surya Dalam Teknologi Power-to-X di Indonesia

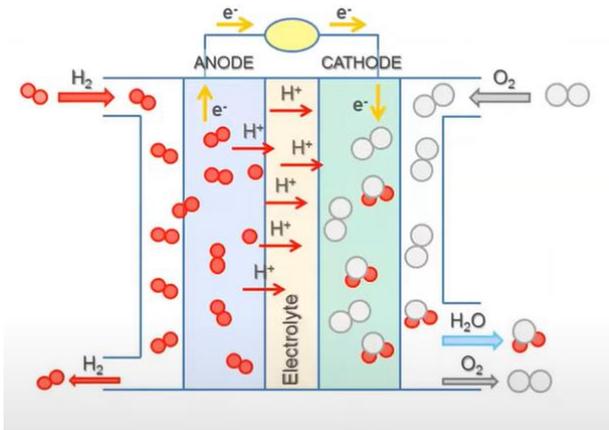
Oleh: Denny Gunawan



Dalam menggunakan energi surya, kita memerlukan sistem penyimpanan yang efisien, salah satunya menggunakan penyimpanan hidrogen. Sistem penyimpanan ini memiliki kelebihan yang signifikan dalam kapasitas penyimpanan energi yang besar dan tingkat kehilangan energi yang rendah. Hal ini juga berlaku untuk sumber energi terbarukan lainnya. Hidrogen yang disimpan dalam sistem ini dikenal sebagai green hydrogen, yang merupakan hasil dari proses yang dikenal sebagai Power-to-X. Salah satu aplikasi penting dari proses ini adalah produksi green avtur sebagai bahan bakar pesawat yang ramah lingkungan.

### Development of Advanced Polymer Materials for Proton and Anion Exchange Membrane Fuel Cells

Oleh: Adam Febriyanto

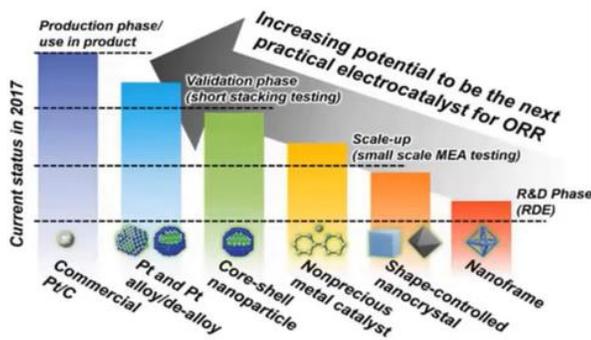


Sistem penyimpanan hidrogen menjanjikan potensi besar dengan sejumlah kelebihan yang dimilikinya, seperti kapasitas penyimpanan yang luas, transfer energi yang cepat, dan kemampuan penyimpanan jangka panjang. Selain mendapatkan hidrogen dari sumber energi terbarukan (green hydrogen), sistem ini juga mampu mengambil hidrogen dari batubara, uap, dan nuklir. Keuntungan utama green hydrogen adalah gas buangnya hanya berupa air, menjadikannya solusi yang sangat potensial dalam transisi menuju energi bersih.

Secara garis besar, hidrogen yang disimpan akan diubah menjadi listrik melalui fuel cell. Membran polimer yang digunakan dalam proses ini memungkinkan transisi energi untuk kendaraan di darat, laut, dan udara, berkat densitas energinya yang tinggi dan kemampuan pengisian energi yang cepat. Namun, pengembangan membran polimer memiliki beberapa tantangan, beberapa diantaranya adalah mengenai konduktivitas dan stabilitas ion. Jika tantangan ini dapat diatasi, kinerja fuel cell akan meningkat secara signifikan, dan memungkinkan pemanfaatan teknologi ini untuk tumbuh dalam berbagai sektor industri.

## Potensi Logam Non-Mulia untuk Pengembangan Katalis pada Fuel Cell

Oleh: Rohib



Proses fuel cell, yang mengubah hidrogen menjadi listrik, melibatkan penggunaan katalis. Biasanya, katalis yang digunakan terbuat dari platina, namun material ini memiliki tantangan tersendiri. Harganya yang tinggi (hampir 42% dari biaya pembuatan fuel cell berasal dari katalis platina) dan kerentanannya terhadap penurunan performa, mendorong para peneliti untuk mencari alternatif pengganti platina. Selain platina, terdapat tiga kelompok material lain yang dikenal sebagai non-platinum catalysts, yaitu grafin, metal nitrogen-doped carbon, dan metal oksida. Secara singkat, harapan dan

peluang tetap terbuka bagi peneliti di seluruh dunia untuk menemukan material pengganti platina. Jika berhasil ditemukan, ini akan memudahkan penerapan hidrogen secara ekonomis dan secara signifikan mengurangi biaya produksi.

## Energy Mix, Storage, and PV Integration to Grid

Rekaman webinar dapat dilihat di [sini](#).

### Grid Integration of Solar PV Systems: Challenges & Mitigation

Oleh: Abram Perdana

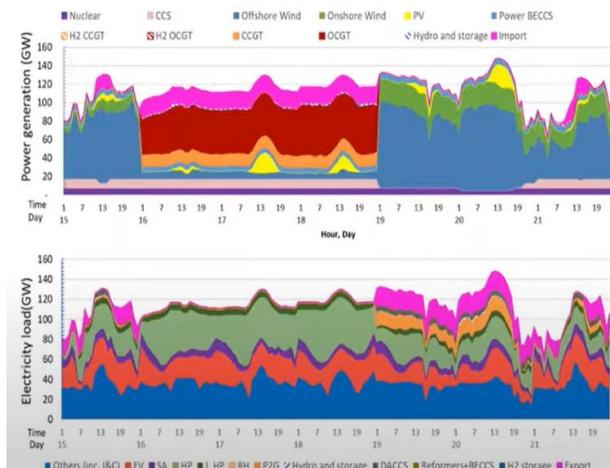


Beberapa tantangan dan solusi intermitensi integrasi grid solar PV adalah sebagai berikut. Pertama, jika solar PV diintegrasikan dengan sistem energi yang ada, maka hadirnya solar PV akan menyebabkan beban demand minimal menjadi sangat rendah. Hal ini berimplikasi ke kestabilan daya. Contohnya, Australia Selatan mengalami penurunan beban demand menjadi <400MW yang membahayakan stabilitas sistem tersebut. Solusinya adalah kerjasama antara perusahaan utility dan operator transmisi untuk menonaktifkan PV inverter. Kedua, ketidaksinkronan akan terjadi di power system dikarenakan frekuensi dari putaran generator akan berbeda. Solusinya adalah dengan menginstall smart PV yang mampu menciptakan sistem yang dapat beradaptasi dengan mensinkronkan generator. Beberapa solusi agar pertumbuhan dari sistem PV dan energi terbarukan menjadi optimal; (1) manajemen power

system yang efektif dan transparan; (2) 'grid codes' yang jelas; (3) investasi di infrastruktur transmisi; dan (4) pekerja terlatih di sektor pembangkit listrik.

### Understanding the Concept of Energy Mix and Its Importance in Transitioning to a Sustainable Energy Future

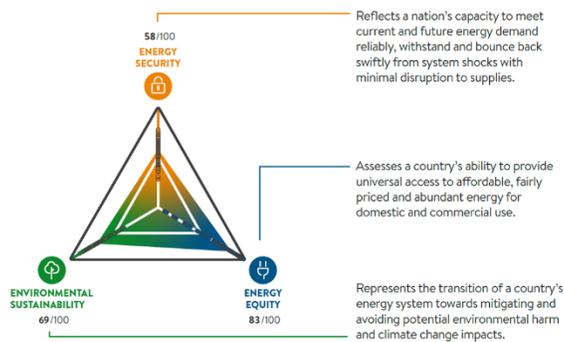
Oleh: Danny Pudjianto



UK menargetkan untuk mencapai net zero di tahun 2050. Perubahan fundamental di bauran energi pun dijabarkan dan akan dijalankan hingga 2050. Pada tahun 2035, energi fosil tidak akan digunakan lagi, dan digantikan dengan energi terbarukan didukung oleh low carbon fuel, nuklir, hydrogen, CCUS dan energy storage, sehingga optimasi energy mix harus dilakukan. Aspek yang harus diperhatikan untuk optimasi energi mix adalah: aspek temporal dan spasial dari energi terbarukan yang digunakan, sinergi dari beberapa teknologi pembangkit energi terbarukan, energy security juga harus dipertimbangkan agar listrik tetap mengalir, energy balancing, yaitu mensinkronkan penggunaan tiap energi terbarukan, meminimalkan biaya untuk mencapai net zero, dan memperhatikan biaya pengintegrasian system yang merupakan fungsi dari penetration level.

## Clustering-Based Energy Trilemma of Possible Future High VRE Generation Portfolios

Oleh: Yusak Tanoto



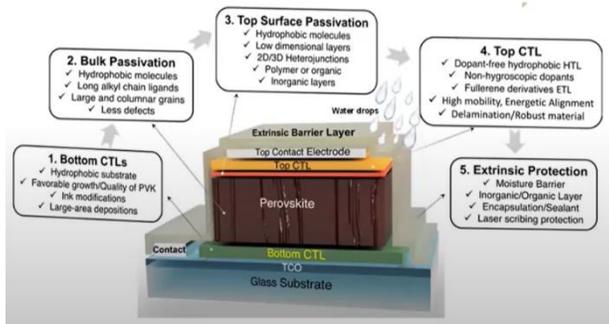
Konsep trilemma energi mendefinisikan bahwa energi yang berkelanjutan memiliki 3 dimensi utama: (1) energy security - negara dapat memenuhi kapasitas energi sesuai kebutuhan; (2) energy equity - negara dapat memberikan akses energi secara inklusif; dan (3) environmental sustainability - energi dapat membenahi perubahan iklim. Konsep trilemma energi dapat diadopsi menjadi indikator untuk suplai energi. Konsep ini menolong untuk memberikan gambaran mengenai potensi dan alternatif yang cocok untuk net zero pathways yang dipilih.

## Next Generation Solar Cell

Rekaman webinar dapat dilihat di [sini](#).

### From Single- to Multi-Junction Perovskite-Based Solar Cells: Targeting Multi-Terawatt Scale PV

Oleh: Randi Azmi

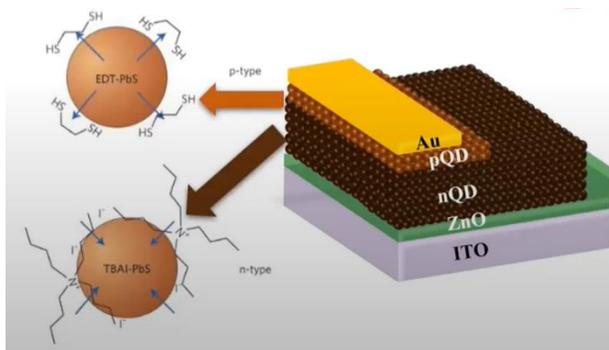


Penelitian sedang dilakukan untuk mencari opsi material silikon yang lebih stabil dan efisien dalam aplikasi PV. Salah satu bahan yang menarik perhatian adalah perovskite, yang memiliki efisiensi yang bersaing dengan silikon. Namun, stabilitas perovskite masih dalam tahap pengembangan. Stabilitas perovskite dapat dipertimbangkan dari dua sisi. Pertama, secara eksternal, bahan perovskite mudah terdeformasi oleh kelembaban dan oksigen di sekitarnya. Kedua, secara internal, proses seperti paparan cahaya, arus listrik, dan panas dapat mempengaruhi stabilitasnya. Untuk meningkatkan stabilitas

perovskite, salah satu pendekatan yang digunakan adalah memberikan lapisan pelindung (coating protection layer). Selain itu, penggunaan tandem berbasis perovskite (gabungan perovskite dengan silikon) telah diterapkan untuk meningkatkan efisiensi karena silikon cenderung membuang energi dalam bentuk panas. Dengan penggunaan tandem ini, efisiensi konversi daya (power conversion efficiency) dapat ditingkatkan menjadi lebih dari 25% dengan peningkatan biaya produksi yang kurang dari 10%.

## Colloidal Quantum Dot Solar Cells

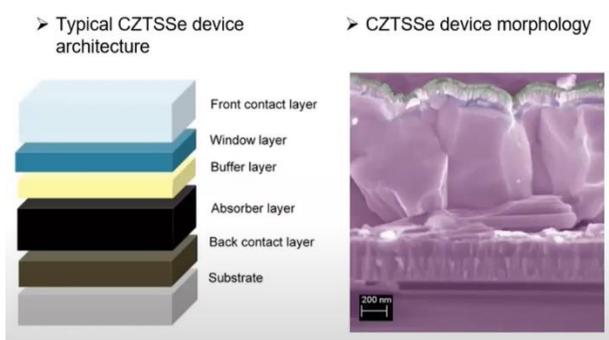
Oleh: Havid Aqoma



Proses multiple exciton generation yang terjadi pada quantum dots dapat menjadi jawaban atas permasalahan material silikon, yakni proses thermalisasi yang dapat menurunkan efisiensi. Namun meski bahan semikonduktor seperti perovskite, organik, dan quantum dots muncul sebagai alternatif untuk silikon (Si), Si masih tetap menjadi pilihan yang paling umum digunakan dalam industri PV hingga saat ini.

## Cu<sub>2</sub>ZnSn(S,Se)<sub>4</sub> Solar Ink for Earth-Abundant Thin Films PV Application

Oleh: Anies Mutiari



Berikut beberapa thin film yang marak dipakai dalam PV: (1) amorphous silicon: murah, ketersediaannya melimpah, namun kurang stabil dan efisiensi relatif rendah; (2) cadmium telluride (CdTe): efisiensi tinggi, murah, namun material Te langka dan Cd adalah bahan beracun; (3) Cu(In,Ga)(S,Se)<sub>2</sub>: efisiensi tinggi, relatif murah, namun In dan Ga material yang langka. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah material Cu<sub>2</sub>ZnSn(S,Se)<sub>4</sub>. Selain ketersediaannya yang melimpah dan harganya terjangkau, material ini lebih ramah lingkungan dan bandgap-nya dapat kita modifikasi. Cu<sub>2</sub>ZnSn(S,Se)<sub>4</sub> merupakan material alternatif yang

dapat membuat PV dengan efisiensi yang tinggi, murah, dan ramah lingkungan.

## Kesimpulan

Bincang Energi Surya menguraikan pentingnya teknologi, kebijakan, dan tantangan dalam pengembangan energi surya sebagai bagian dari transisi energi yang mendukung pencapaian Net Zero Emissions (NZE). Kebijakan pemerintah, seperti komitmen Indonesia dalam menurunkan emisi gas rumah kaca, menjadi landasan utama untuk transisi ke sumber energi yang lebih bersih seperti energi surya. Namun, beberapa tantangan masih menghadang, seperti harga instalasi yang tinggi, rendahnya kesadaran masyarakat, dan minimnya kepercayaan investor. Diperlukan dukungan dari berbagai pihak termasuk pemerintah, BUMN, sektor swasta, akademi, dan masyarakat, agar pengembangan energi surya berjalan dengan optimal.

Penggunaan energi surya dalam berbagai sektor, seperti industri, komersial, dan pertanian, memiliki potensi besar untuk meningkatkan keberlanjutan dan meminimalkan dampak lingkungan. Dalam konteks ini, aspek sosial dan ekonomi menjadi sangat penting, khususnya partisipasi masyarakat untuk mendukung implementasi energi surya serta kesadaran masyarakat terkait manfaat lingkungan dan ekonomi dari energi surya. Peran swasta juga dapat membantu dalam pengembangan sistem energi surya. Sementara itu, peralihan ke energi surya memerlukan pengembangan material alternatif dalam teknologi PV yang efisien dan murah, penyimpanan energi yang andal, seperti hidrogen, serta peningkatkan grid integration.

Bincang Energi Surya memperlihatkan bahwa transisi energi menuju energi bersih dan ramah lingkungan adalah langkah krusial, dengan berbagai peluang dan tantangan yang harus diatasi. Diperlukan kerjasama berbagai pihak dan inovasi teknologi untuk mencapai tujuan energi bersih, menjaga stabilitas energi, dan mendukung pertumbuhan berkelanjutan.

## Referensi

1. Lorentz, n.d., PS2 Solar Water Pumping System.
2. Solar Energy Research Institute of Singapore (SERIS), 2019, Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report.
3. D. Gunawan, 2022, Unlocking the Potential of Hydrogen in Indonesia, Indonesia Post-Pandemic Outlook: Strategy towards Net-Zero Emissions by 2060 from the Renewables and Carbon-Neutral Energy Perspectives, BRIN Publishing.
4. J. Kim, Y. Hong, K. Lee, J.Y. Kim, 2020, Highly Stable Pt-Based Ternary Systems for Oxygen Reduction Reaction in Acidic Electrolytes, *Advanced Energy Materials* 10, 41, 2002049.
5. World Energy Council, 2022, World Energy Trilemma Index.
6. R. Azmi, S. Zhumagali, H. Bristow, S. Zhang, A. Yazmaciyan, A.R. Pininti, D.S. Utomo, A.S. Subbiah, S.D. Wolf, 2023, Moisture-Resilient Perovskite Solar Cells for Enhanced Stability, *Advanced Materials*, 2211317.
7. H. Aqoma, S.Y. Jang, 2018, Solid-State-Ligand-Exchange Free Quantum Dot Ink-Based Solar Cells with an Efficiency of 10.9%, *Energy & Environmental Science*, 11, 1603-1609.
8. A. Mutiari, 2021,  $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$  Solar Ink for Earth-Abundant Thin Films Photovoltaic Application, Technische Universitat Wien.



**Bincang Energi Surya 2023** merupakan hasil kolaborasi dari Institute for Essential Services Reform (IESR), Asosiasi Peneliti Indonesia di Korea (APIK), Solar Scholars Indonesia (SSI), Perhimpunan Pelajar Indonesia di Australia (PPIA), Solarin, dan Insignia

