

# REVIEW STATUS PANEL SURYA DI INDONESIA MENUJU REALISASI KAPASITAS PLTS NASIONAL 6500 MW

Ni Made Neli Lestari<sup>1</sup>, I Nyoman Satya Kumara<sup>2</sup>, Ida Ayu Dwi Giriantari<sup>3</sup>

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

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

Kampus Bukit Jimbaran, Badung-Bali

E-mail : [satya.kumara@unud.ac.id](mailto:satya.kumara@unud.ac.id)<sup>2</sup>

## Abstrak

PLTS merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan teknologi fotovoltaik. Panel surya berperan penting dalam PLTS, karena panel surya menangkap radiasi cahaya matahari kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Perkembangan teknologi panel surya merupakan kunci dalam mendukung perkembangan PLTS. Artikel ini meninjau perkembangan panel surya di Indonesia sebagai komponen penting untuk mendukung pembangunan PLTS nasional menuju kapasitas 6500 MW pada tahun 2025. Tinjauan akan dilakukan pada berbagai aspek panel surya termasuk industri panel surya nasional, panel surya yang tersedia di pasar domestik, serta ketersediaan ragam panel surya di tanah air. Data diperoleh dari industri panel nasional, proyek PLTS, asosiasi pemakai PLTS, EPC nasional, kementerian ESDM, dan vendor panel surya nasional. Hasil survei menunjukkan tersedia 241 panel baik produksi lokal atau luar negeri. Kapasitas panel beragam dari 5 Watt sampai 500 Watt serta tegangan panel yang tersedia dari tegangan 12 Volt, 24 Volt serta 48 Volt. Berdasarkan survei juga diperoleh rata – rata Rp/Wp yaitu Rp18.853/Wp serta besar  $W/m^2$  yaitu 159,46  $W/m^2$ . Peningkatan produksi panel surya dapat dilakukan dengan pemberian insentif kepada produsen panel surya berupa jaminan pembelian produk dan insentif pengembangan pabrik baru. Informasi mengenai status terkini panel surya di Indonesia ini diharapkan dapat menjadi referensi cepat bagi masyarakat atau lembaga yang membutuhkannya, serta dapat dijadikan pengantar bagi riset dan penerapan PLTS di Indonesia.

Kata Kunci : PLTS, modul surya, spesifikasi, vendor, APAMSI

## Abstract

*PLTS is a power plant that converts sunlight energy into electricity using photovoltaic technology. Solar panels play an important role in PLTS, because solar panels capture solar radiation then convert it into electrical energy. The development of solar panel technology is the key to support the development of PLTS. This article reviews about the development of solar panels in Indonesia as an important component to support the development of national solar power plants towards a capacity of 6500 MW by 2025. The review will be carried out on various aspects of solar panels including the national solar panel industry, solar panels available in the domestic market, and the availability of various panels. Data is obtained from the national panel industry, the PLTS project, the PLTS user association, the national EPC, the Ministry of Energy and Mineral Resources, and the national solar panel vendor. The survey result shows there are 241 panels, both local and foreign production. Panel capacities vary from 5 Watt to 500 Watt and panel voltages are available from 12 Volt, 24 Volt and 48 Volt. Based on the survey, it is also obtained the average of Rp/Wp is Rp.18,853/Wp and the average of  $W/m^2$  is 159,46  $W/m^2$ . Increasing solar panel production can be done by providing incentives to solar panel producers in the form of product purchase guarantees and incentives to develop new factories. Information regarding the current status of solar panels in Indonesia is expected to be a quick reference for people or institutions that need it, and can be used as an introduction to research and application of PLTS in Indonesia.*

Keywords : PLTS, solar module, specification, vendor, APAMSI

## 1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan manusia yang utama. Sampai sekarang,

energi listrik yang dimanfaatkan oleh manusia sebagian besar dihasilkan dari bahan bakar fosil. Pembangkitan energi

menggunakan bahan bakar fosil memiliki beberapa dampak negatif antara lain, menghasilkan polusi yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan juga menghasilkan gas rumah kaca yang berdampak terhadap pemanasan global. Salah satu solusi dalam menyediakan energi listrik yang bersih dan berkelanjutan adalah mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan (ET). Sumber energi terbarukan antara lain tenaga air, tenaga panas bumi, tenaga angin, tenaga laut, dan tenaga matahari.

Salah satu ET yang keberadaannya melimpah adalah energi matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah teknologi untuk merubah tenaga cahaya matahari menjadi tenaga listrik. RUEN menyatakan potensi listrik surya di Indonesia diperkirakan sebesar 207,89 GW dan telah ditetapkan bahwa target kapasitas PLTS nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 6,5 GW dan terus meningkat menjadi 45 GW pada tahun 2050 [1].

PLTS terdiri dari beberapa komponen utama antara lain panel surya, inverter, dan baterai. Panel surya memiliki peran sebagai penangkap cahaya matahari yang sampai pada permukaan panel dan mengubahnya menjadi tenaga listrik. Sementara inverter adalah pengubah arus listrik DC yang dihasilkan modul surya menjadi arus listrik AC agar dapat dimanfaatkan oleh peralatan elektronik AC atau agar dapat dihubungkan dengan jala-jala listrik. Baterai berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya agar dapat dimanfaatkan ketika malam hari, pada saat matahari tertutup awan, atau pada saat hujan.

Secara umum berdasarkan teknologi solar sel, panel surya dibagi menjadi dua jenis yaitu panel surya yang dibuat dengan sel *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Disamping itu, teknologi Amorpheus dan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) juga terus berkembang. Panel surya terus dikembangkan untuk meningkatnya spesifikasi teknis seperti efisiensi yang makin tinggi dan *output* daya per luas panel yang makin besar. Hal-hal inilah yang menyebabkan harga panel surya makin murah sehingga sekarang ini dan kedepannya akan makin terjangkau.

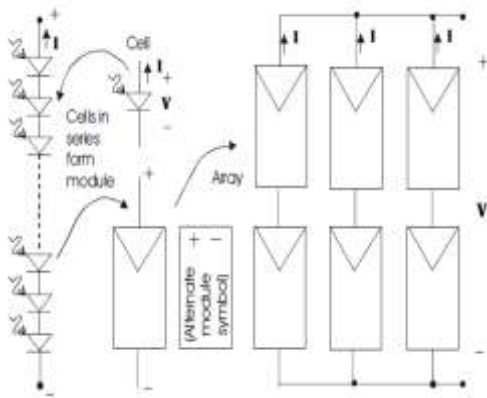
Tulisan ini akan meninjau status terkini panel surya di Indonesia yang mencakup spesifikasi teknis dan mekanik dari panel surya, industri panel surya nasional, serta

ketersediaan ragam kapasitas daya panel surya beserta teknologinya yang didistribusikan di Indonesia. Data perkembangan panel surya ini diperoleh dari publikasi ilmiah, publikasi dari Asosiasi Pabrikan Panel Surya Indonesia (APAMSI), Kementerian ESDM, Kementerian Perindustrian, LIPI, BPPT, LEN, BSN/ SNI, *Engineering Procurement Company* (EPC), AESI, METI, pilot proyek PLTS nasional, PT. PLN, *e-commerce* nasional, dan sumber-sumber lain. Informasi perkembangan panel surya nasional ini diharapkan dapat menjadi rujukan cepat bagi masyarakat umum atau pihak yang memerlukannya serta dapat dijadikan pengantar bagi riset dan pengembangan serta perancangan PLTS di Indonesia.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

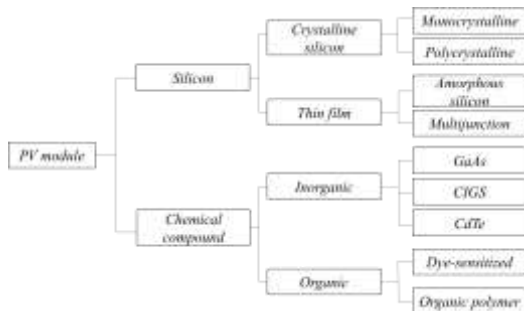
### 2.1 Teknologi Panel Surya

Sistem fotovoltaik merupakan sistem yang didesain mengenai sel fotovoltaik [2]. Sel fotovoltaik menyerap sinar matahari sebagai sumber energi untuk membangkitkan listrik. Sel fotovoltaik memproduksi daya kurang dari 3 Watt pada tegangan sekitar 0,5 Volt DC sehingga sel fotovoltaik harus dirangkai menjadi konfigurasi seri-paralel untuk memproduksi daya yang cukup [2]. Sel fotovoltaik disusun secara seri membentuk modul fotovoltaik supaya tegangan *output* yang dihasilkan memadai untuk kebutuhan. Modul fotovoltaik biasanya didesain pada tegangan 12 Volt karena sistem fotovoltaik biasanya beroperasi pada tegangan tersebut [2]. Ketika *output* yang dihasilkan dari sebuah modul dianggap tidak memadai untuk memenuhi kebutuhan maka modul akan disusun menjadi *array*. Ketika modul disusun membentuk *array* dengan susunan seri maka modul diharapkan menghasilkan daya *output* maksimal dengan kondisi arus yang sama, sedangkan ketika modul disusun membentuk *array* dengan susunan paralel maka modul diharapkan menghasilkan daya *output* maksimal dengan kondisi tegangan yang sama.



Gambar 1. Sel, modul, array [2]

Dalam penerapannya modul surya juga biasa disebut dengan panel surya. Panel surya *monocrystalline* merupakan teknologi panel surya yang pertama sebelum dikembangkan lagi ke generasi panel surya yang baru untuk memenuhi kebutuhan – kebutuhan yang lain. Panel surya dibuat dari *polycrystalline silicon*, sama halnya dengan generasi baru panel surya yaitu panel surya *thin film* [3]. Berbagai macam jenis teknologi panel surya tersedia berdasarkan efisiensinya, durabilitas serta fleksibilitasnya yang bergantung pada kebutuhan. Panel surya terdiri dari bahan semikonduktor, yang dikombinasikan dengan beberapa sifat logam dan beberapa sifat insulator.



Gambar 2. Berbagai teknologi solar sel [4]

*Silicon* merupakan bahan semikonduktor yang paling umum digunakan pada panel surya dengan mewakili sekitar 90% dari panel yang terjual sampai saat ini. *Silicon* juga merupakan material terbanyak kedua di bumi setelah oksigen [5]. Jenis *silicon* bisa dibagi lagi menjadi *crystalline silicon* dan *thin film*.

*Crystalline silicon* terbuat dari atom *silicon* yang dihubungkan satu sama lain kemudian membentuk kristal. Kristal ini menyediakan struktur yang membuat

konversi sinar matahari menjadi energi listrik lebih efisien. Panel surya yang dibuat dengan *silicon* memiliki keuntungan yaitu efisiensi yang tinggi, harga yang rendah dan masa pakai panel yang lama. Panel surya diharapkan bertahan sampai 25 tahun atau lebih dan mampu menghasilkan energi listrik sekitar 80% dari kemampuan awal. Terdapat dua tipe *crystalline silicon* yaitu *monocrystalline silicon* dan *polycrystalline silicon*. *Monocrystalline silicon* memiliki efisiensi tinggi dihitung berdasarkan daya *output* panel [3]. *Monocrystalline silicon* dibuat dengan sel kristal tunggal dengan berbentuk oval dan kemudian dipotong menjadi pola yang berbeda [3]. *Polycrystalline silicon* memiliki efisiensi yang tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan *monocrystalline silicon* [3]. Pembuatan *polycrystalline silicon* yaitu dengan menuangkan *silicon* cair ke dalam cetakan dan tidak dibuat menjadi *silicon* tunggal [3].

Sel surya *thin film* dibuat dengan menyimpan lapisan tipis bahan fotovoltaik pada bahan pendukung seperti kaca, plastik atau logam [5]. Secara garis besar terdapat dua tipe *thin film solar cells* yaitu *amorphous silicon* dan *multijunction*. Anorganik fotovoltaik merupakan tipe sel surya yang terbuat dari bahan senyawa kimia. Terdapat tiga tipe Anorganik fotovoltaik yaitu *Gallium Arsenide (GaAs)*, *Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS)*, dan *Cadmium Telluride (CdTe)*. CdTe dan CIGS membutuhkan proteksi lebih dibandingkan dengan *silicon* agar data yang dioperasikan di luar ruangan bertahan dalam waktu yang lama [5].

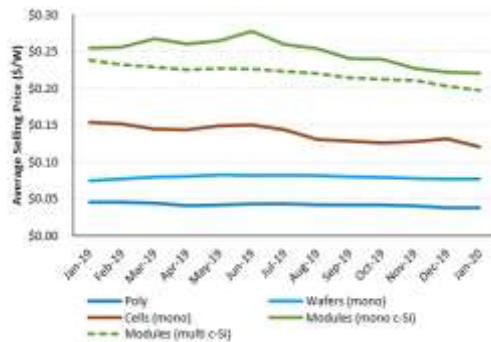
Organik fotovoltaik merupakan polymer kaya karbon dan bisa digunakan untuk meningkatkan fungsi sel surya seperti meningkatkan sensitivitas terhadap jenis sinar tertentu [5]. Teknologi ini memiliki potensi untuk menyediakan listrik dengan biaya yang rendah dibanding *silicon* atau fotovoltaik *thin film*. Organik fotovoltaik memiliki kelemahan yaitu efisiensi yang dihasilkan kurang lebih kira – kira setengah efisiensi dari *crystalline silicon* dan memiliki masa pakai yang lebih singkat, tetapi jika diproduksi dalam jumlah banyak maka akan memakan biaya yang lebih rendah jika dibandingkan dengan *crystalline silicon* [5]. Organik fotovoltaik terdiri menjadi dua jenis yaitu *dye-sensitized* dan organik polimer.

*Concentration PV (CPV)* adalah fotovoltaik yang memfokuskan sinar

matahari menuju solar sel menggunakan cermin atau lensa, dengan memfokuskan sinar matahari ke arah fokus yang lebih kecil maka bahan fotovoltaik yang diperlukan dapat dikurangi [5]. Bahan fotovoltaik menjadi lebih efisien saat konversi energi pada CPV. Ketika sinar lebih terkonsentrasi, jadi efisiensi keseluruhan tertinggi didapatkan dengan sel CPV atau panel CPV [5]. Namun CPV membutuhkan bahan yang mahal, teknik produksi khusus serta dibutuhkan *tracking*.

## 2.2. Perkembangan Harga Panel Surya

Secara global kinerja perusahaan solar panel menurun pada rata – rata kuartal pertama 2019 ditunjukkan dengan harga jual rata – rata panel turun [6]. Namun, beberapa perusahaan yang telah melaporkan laba yang didapatkan pada kuartal kedua 2019 menunjukkan peningkatan karena terjadinya peningkatan permintaan global dan harga yang stabil [6]. Pada paruh pertama 2019 di Amerika Serikat mengimpor 1,2 miliar dolar untuk modul PV (4,3 GW) dan 162 juta dalam sel PV, yang sebagian besar diimpor dari beberapa negara di Asia [6].



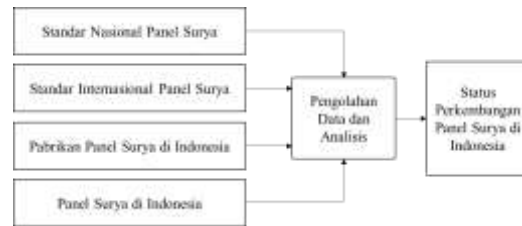
Gambar 3. Harga jual rata – rata solar panel global 2019 [7]

Harga sel dan modul pada kuartal kedua 2019 relatif rata, sementara harga *polysilicon* melambung sebesar 6% menjadi \$9,20/kg dan multi c-Si *wafers* menurun 5% menjadi \$0,05/W, namun dari tahun 2018 ke tahun 2019 terjadi penurunan harga komponen sebesar 20% - 30% [6]. Pada kuartal ketiga 2019 dan pada kuartal keempat 2019, harga modul surya dan komponen jatuh lagi menjadi harga terendah yang pernah terjadi selama ini, dengan harga jual rata – rata modul multi dan mono c-Si turun menjadi \$0,20/W dan \$0,22/W pada bulan September dan

Desember. Harga jual rata – rata *polysilicon* tercatat rendah sebesar \$7,1/kg [7].

## 3. METODE PENELITIAN

Data yang akan digunakan meliputi spesifikasi standar panel surya di Indonesia. Data ini diperoleh dari pabrikan panel surya di Indonesia, publikasi vendor, publikasi ilmiah, serta laman *e-commerce* yang ada di Indonesia. Data yang sudah terkumpul kemudian diolah untuk mendapatkan status terkini panel surya di Indonesia. Gambar 4 merupakan skema dari penelitian ini.



Gambar 4. Skema penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari tinjauan yang telah dilakukan, diperoleh 31 SNI terkait panel surya, 11 pabrikan panel surya yang terdaftar sebagai anggota APAMSI, 241 buah panel surya dengan berbagai spesifikasi teknis yang disurvei dari berbagai sumber seperti *e-commerce*, artikel ilmiah, dan katalog panel surya. Daftar panel surya yang telah diidentifikasi disusun menjadi basisdata panel surya Indonesia yang dirangkum dalam bentuk tabel. Basisdata ini bisa diperoleh dengan menghubungi penulis.

### 4.1 Standar Panel Surya di Indonesia

Peningkatan pemanfaatan PLTS dan khususnya panel surya menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan standardisasi, pengujian dan sertifikasi mengenai produk solar panel di Indonesia sehingga produk panel surya yang tersedia di masyarakat adalah produk yang berkualitas baik. Saat ini sudah terdapat berbagai standar sebagai pedoman pengembangan solar panel di Indonesia. Standar – standar ini digunakan untuk menjamin kualitas panel surya di Indonesia. Standar yang mengatur mengenai komponen PLTS berupa modul fotovoltaik, inverter, serta baterai yang dipakai pada PLTS sudah tercantum dalam SNI, begitu pula mengenai desain, konfigurasi serta



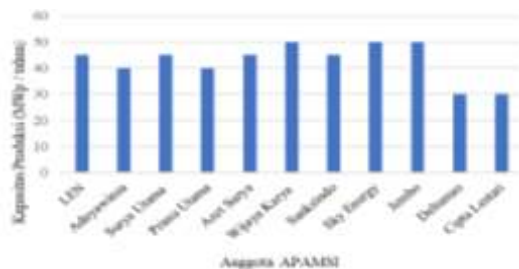
pengujian PLTS pun sudah diatur dalam SNI. Namun salah satu komponen penting PLTS yaitu SCC (*Solar Charge Controller*) belum memiliki standar yang terdaftar dalam SNI. Tabel 1 menyajikan Standar Nasional Indonesia yang berhubungan dengan panel surya.

**Tabel 1.** Standar Nasional Indonesia panel surya [8]

No	Standar	Jenis Pengujian
1	SNI 0219-7-712:2020	Persyaratan untuk instalasi atau lokasi kelas - Sistem energi daya fotovoltaik surya (PV)
2	SNI IEC 62195:2014	Inverter fotovoltaik terhubung ke jaringan listrik
3	SNI IEC 62446-1:2016	Sistem fotovoltaik (PV) - Persyaratan untuk pengujian, dokumentasi dan pemeliharaan
4	SNI IEC 61215-1:2016	Modul fotovoltaik (PV) terestrial - Kualifikasi desain dan pengujian jenis
5	SNI IEC 61215-1-1:2016	Modul fotovoltaik (PV) terestrial - Bagian 1-1: Persyaratan kelas
6	SNI IEC 61215-2:2016	Modul fotovoltaik (PV) terestrial - Bagian 2: Prosedur uji
7	SNI IEC 61700-2:2016	Kualifikasi kesesuaian modul fotovoltaik (PV) - Bagian 2: Persyaratan pengujian
8	SNI IEC 75618:2018	Sistem energi fotovoltaik surya - Matrik, definisi dan simbol
9	SNI 8395:2017	Pachuan studi kebijakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) fotovoltaik
10	SNI IEC 61700-1:2016	Kualifikasi kesesuaian modul fotovoltaik (PV) - Bagian 1: Persyaratan pengujian
11	SNI IEC 61700-1:2016	Kualifikasi kesesuaian modul fotovoltaik (PV) - Bagian 1: Persyaratan konstruksi
12	SNI IEC 61727:2016	Sistem fotovoltaik (PV) - Karakteristik antarmuka utilitas
13	SNI IEC 62446:2016	Persyaratan minimum untuk sistem dokumentasi, uji komisioning dan inspeksi
14	SNI IEC 62124:2016	Sistem fotovoltaik yang berdiri sendiri - Verifikasi desain
15	SNI IEC 61215-1:2016	Modul fotovoltaik silikon kristal - Kualifikasi desain dan pengujian jenis
16	SNI IEC 61184:2013	Panasan karakteristik sistem fotovoltaik yang berdiri sendiri
17	SNI IEC 60364-7-712:2012	Instalasi listrik gedung - Bagian 7-712: Persyaratan untuk instalasi atau lokasi kelas
18	SNI IEC 60904-7:2011	Onas fotovoltaik - Perhitungan kesalahan pada pengujian garis fotovoltaik
19	SNI IEC 60904-4:2011	Onas fotovoltaik - Pengukuran karakteristik arus - tegangan fotovoltaik
20	SNI 04-4513-2001	Pengujian karakteristik modul fotovoltaik
21	SNI 04-4514-2000	Prosedur penentuan klasifikasi sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual
22	SNI 04-4512-2000	Sid dan baterai sekunder untuk penggunaan sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual
23	SNI 04-4510-2000	Pengelasan fotovoltaik yang dilapal langsung dengan sistem pompa
24	SNI 04-4509-2000	Modul fotovoltaik terestrial film-tipis
25	SNI 04-4284-2000	Pengujian korosi akibat kabut garam air laut pada modul fotovoltaik
26	SNI 04-4284-2000	Sistem pembangkit daya fotovoltaik terestrial - Ukuran dan padanan
27	SNI 04-4285-9-2000	Onas fotovoltaik - Bagian 9: Pengukuran untuk baja simulasur surya
28	SNI 04-4285-6-2000	Onas fotovoltaik - Bagian 6: Pengujian pengalihan respons spektral garis fotovoltaik
29	SNI 04-4285-7-2000	Onas fotovoltaik - Bagian 7: Perhitungan kesalahan pada pengujian untuk garis fotovoltaik
30	SNI 04-3850-2-1999	Modul fotovoltaik - Bagian 2: Pengukuran karakteristik arus tegangan sel modul fotovoltaik
31	SNI 04-3850-1-1999	Modul fotovoltaik - Bagian 1: Ukuran

**4.2 Produsen Panel Dalam Negeri**

Produksi panel dalam negeri dipengaruhi oleh keberadaan pabrikan – pabrikan panel surya yang ada di Indonesia. Pabrikan panel surya di Indonesia tergabung dalam sebuah asosiasi yaitu Asosiasi Pabrikan Panel Surya Indonesia (APAMSI). Pembentukan asosiasi ini dalam rangka memperkuat daya saing pabrikan dan produk panel surya yang dihasilkan dalam negeri [9].



**Gambar 5.** Anggota APAMSI beserta kapasitas per tahun

APAMSI berdiri pada tanggal 17 Agustus 2010 di Bandung. APAMSI terdiri dari 11 anggota pabrikan panel surya dengan kapasitas produksi per tahunnya dari 30 MWp sampai 50 MWp [10]. Berdasarkan kapasitas dan kualitas modul yang dihasilkan oleh pabrikan panel surya dalam negeri tersebut sudah mampu memenuhi permintaan kebutuhan panel surya serta mampu memasok peningkatan kebutuhan panel per tahun di Indonesia [9].

**Tabel 2.** Pabrikan panel surya beserta parameter panel yang diproduksi [11]

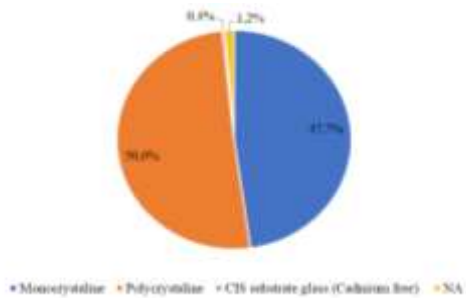
No	Pabrikan Modul	Rangain Produk	Teknologi	Efisiensi
1	PT. LEN Industri (Pusat)	50 Wp hingga 260 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	12-16%
2	PT. Jenbo Energindo (JE)	Monocrystalline (80 Wp hingga 330 Wp) Polycrystalline (50 Wp hingga 315 Wp)	Monocrystalline dan polycrystalline	12-16%
3	PT. Adyarwina Electrical	50 Wp hingga 250 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	12-16%
4	PT. Surya Utama Putra (SUP)	60 Wp hingga 260 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	15- 16%
5	PT Swadaya Prima Utama (SPU)	80 Wp hingga 310 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	
6	PT. Azet Surya Lestari (ASL)	2 Wp hingga 200 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	15-16%
7	PT. Widyaya Karya Industri	50 Wp hingga 200 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	13-16%
8	PT. Sky Energy Indonesia	Monocrystalline (5 Wp hingga 330 Wp) Polycrystalline (5 Wp hingga 315 Wp)	Monocrystalline dan polycrystalline	12-16%
9	PT. Sarkeciando	15 Wp hingga 215 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	12-16%
10	PT. Skytech Indonesia	50 Wp hingga 260 Wp	Monocrystalline dan polycrystalline	

Namun untuk memenuhi rencana pemerintah yang tercantum dalam RUEN 2017 mengenai pengembangan PLTS 6,5 GW pada tahun 2025 dan 45 GW pada tahun 2050 maka kapasitas produksi panel surya dalam negeri harus ditingkatkan. Jika target nasional PLTS yang harus dicapai pada tahun 2025 sebesar 6500 MW maka kapasitas yang harus dicapai tiap tahun sebesar 1300 MW, tetapi total kapasitas produksi anggota APAMSI baru sebesar 470 MWp/tahun yang menunjukkan kapasitas produksi anggota APAMSI belum mampu untuk memenuhi target nasional PLTS di tahun 2025. Karena kapasitas produsen panel surya lokal belum mencapai target, maka peningkatan kapasitas produsen lokal dapat dilakukan dengan memberikan insentif bagi produsen yang ada seperti jaminan pembelian produk dan memberikan insentif bagi pengembangan pabrik baru. Disamping panel produksi nasional, pengadaan panel secara impor juga merupakan alternatif.

Karena pada saat ini *trend* harga panel surya buatan China yang makin turun [12].

### 4.3 Teknologi Panel Surya di Pasar Indonesia

Terdapat beberapa teknologi panel surya yang berada di pasar Indonesia. Gambar 6 menyajikan hasil survei mengenai teknologi panel surya di Indonesia.



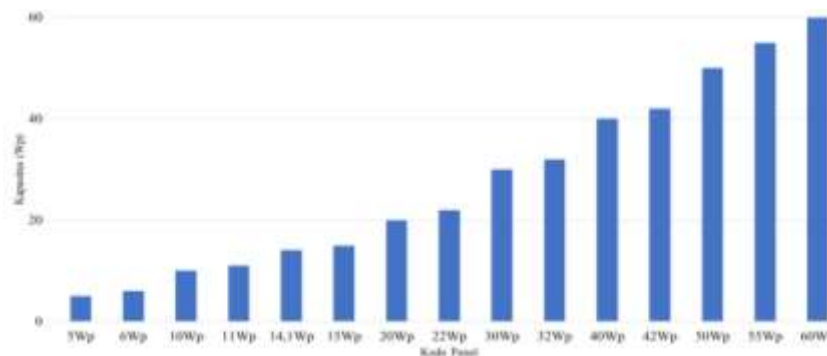
Gambar 6. Teknologi panel surya

Berdasarkan survei didapatkan 4 teknologi panel surya yang digunakan di Indonesia yaitu panel dengan teknologi *polycrystalline* sebanyak 50,6%, teknologi *monocrystalline* sebanyak 47,7%, teknologi *CIS Substrate Glass* sebanyak 0,4% dan sisanya sekitar 1,2% tidak mencantumkan teknologi panelnya.

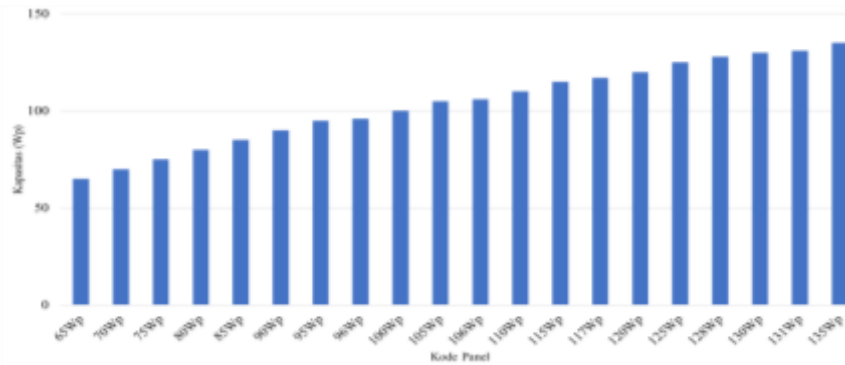
### 4.4 Kapasitas Panel Surya

Kapasitas panel surya di pasar Indonesia sangat bervariasi. Hal ini disebabkan karena permintaan pasar yang beragam, sehingga pabrik panel surya di Indonesia memproduksi panel dengan kapasitas yang beragam dari kapasitas rendah hingga tinggi. Beragamnya kapasitas panel akan mempermudah masyarakat untuk memilih panel sesuai dengan kebutuhan. Gambar 7 sampai gambar 10 menunjukkan kapasitas panel surya yang ada di Indonesia baik yang diproduksi di dalam negeri maupun impor. Panel surya tersedia dalam 82 variasi kapasitas mulai dari 5 Watt hingga 500 Watt.

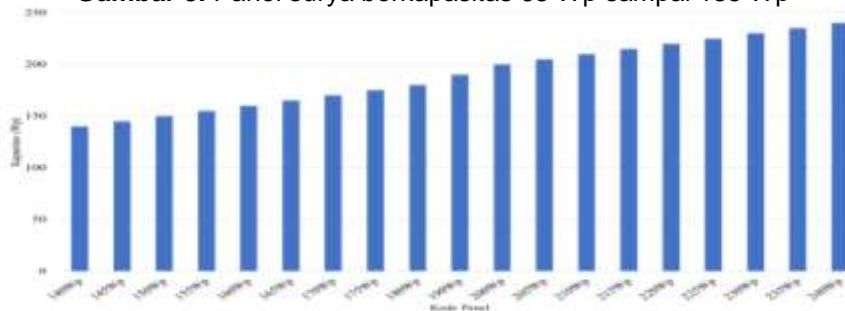
Berdasarkan survei, juga didapatkan bahwa untuk kapasitas tertentu memiliki variasi yang cukup banyak. Misalnya, panel berkapasitas 50 Watt tersedia sebanyak 13 model dari berbagai pabrikan. Panel berkapasitas 100 Watt dan panel 200 Watt juga merupakan panel yang variasinya cukup banyak yaitu 15 model dan 14 model produksi berbagai pabrikan panel surya. Panel – panel 50 Watt dan 100 Watt juga merupakan panel – panel yang umumnya digunakan pada SHS [13]. Keragaman kapasitas panel menunjukkan kesiapan komponen panel surya untuk memenuhi kebutuhan PLTS dalam negeri.



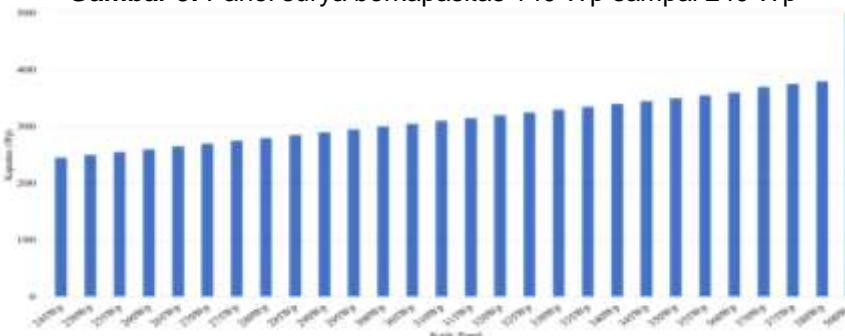
Gambar 7. Panel surya berkapasitas 5 Wp sampai 60 Wp



Gambar 8. Panel surya berkapasitas 65 Wp sampai 135 Wp



Gambar 9. Panel surya berkapasitas 140 Wp sampai 240 Wp



Gambar 10. Panel surya berkapasitas 245 Wp sampai 500 Wp

#### 4.5 Efisiensi Panel Surya

Perkembangan efisiensi panel surya sangat beragam seiring dengan perkembangan teknologi panel surya yang semakin modern. Hasil survei yang sudah didapatkan menunjukkan bahwa keberagaman ketersediaan efisiensi panel surya dapat ditemukan dari efisiensi paling rendah sebesar 10% dan tertinggi sampai 19,6%. Berdasarkan hasil survei mendapatkan data yang dikelompokkan menjadi tujuh macam kelompok efisiensi dari total 241 panel. Kelompok efisiensi panel yang dirangkum dimulai dari kelompok efisiensi terendah sebesar  $\leq 15\%$  sampai dengan kelompok efisiensi tertinggi sebesar  $\leq 20\%$ .

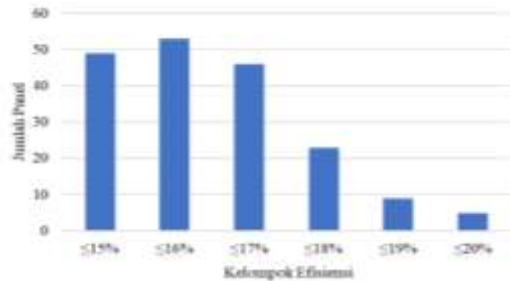
Tabel 3. Kelompok efisiensi panel hasil survei

Kelompok Efisiensi	Jumlah
--------------------	--------

$\leq 15\%$	49
$\leq 16\%$	53
$\leq 17\%$	46
$\leq 18\%$	23
$\leq 19\%$	9
$\leq 20\%$	5
NA	56

Hasil survei yang dilakukan menunjukkan 56 panel yang tidak mencantumkan besar efisiensinya. Beberapa sumber survei panel surya seperti katalog pabrik panel, literatur jurnal dan *e-commerce* tidak lengkap mencantumkan spesifikasi panel sehingga panel – panel tersebut dimasukkan dalam kelompok ketujuh yaitu panel yang tidak diketahui spesifikasi efisiensinya. Berdasarkan survei juga dapat dilihat bahwa panel – panel yang efisiensi panelnya tinggi berjumlah tidak banyak.

Kelompok panel dengan efisiensi tinggi seperti kelompok panel dengan efisiensi  $\leq 20\%$  hanya berjumlah lima panel. Semakin tinggi efisiensi panel maka semakin optimal daya *output* yang dihasilkan oleh panel.



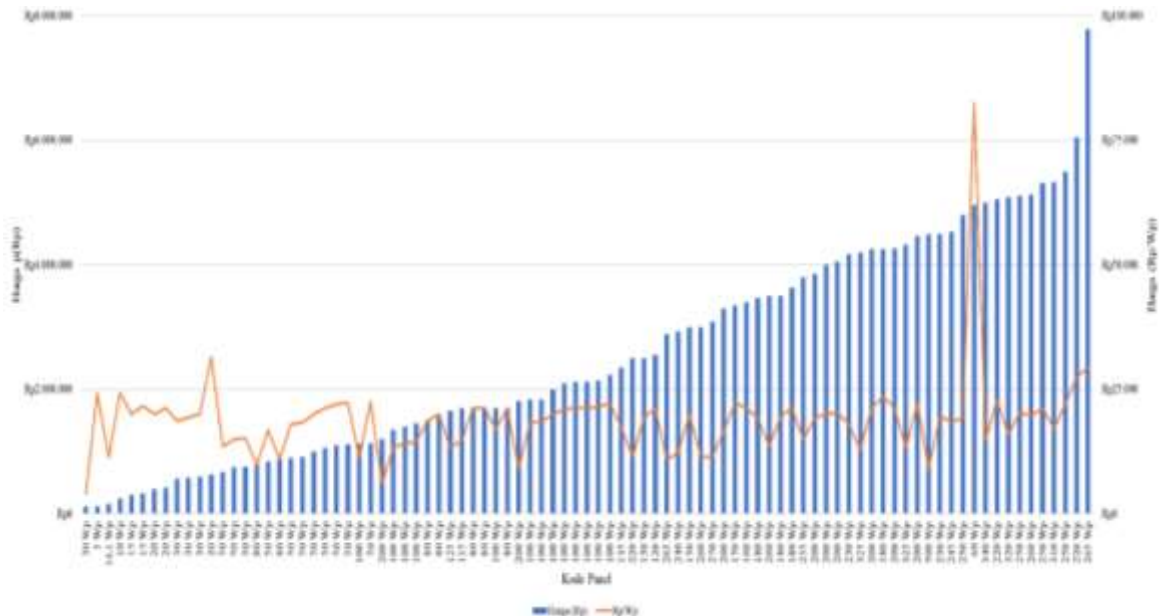
**Gambar 11.** Kelompok efisiensi panel beserta jumlah panelnya

#### 4.6 Harga Panel Surya

Survei yang telah dilakukan mendapatkan 241 buah panel namun hanya 89 buah panel yang menampilkan harga jual. Harga panel terendah adalah Rp121.250 yaitu panel *polycrystalline* ASL-M5 serta ASL-M30, berkapasitas 5 Wp dan 30 Wp buatan Azet Surya Lestari. Kemudian harga panel tertinggi adalah

Rp7.785.592 yaitu panel *monocrystalline* JAM 6 60-265, berkapasitas 265 Wp buatan JA Solar. Harga – harga tersebut adalah harga untuk tahun 2019-2020 yang diperoleh dari laman *e-commerce*.

Harga panel surya per Watt dihitung dengan membagi harga satu buah panel surya dengan daya *output* nominalnya sehingga diperoleh rasio Rp/Wp. Sebagai contoh, panel surya ASL-M30 memiliki daya *output* 30 Wp dengan harga Rp 121.250, maka rasio Rp/Wp dari panel ini adalah Rp 4.042/Wp. Harga Rp/Wp tertinggi yaitu sebesar Rp82.605/Wp dari panel MSX60 kapasitas 60 Wp dengan harga Rp4.956.277 produksi SOLAR-X. Besar Rp/Wp terendah dimiliki oleh panel yang memiliki harga jual paling rendah namun kapasitasnya bukan kapasitas terkecil. Kemudian Rp/Wp tertinggi tidak dimiliki oleh panel dengan kapasitas terbesar karena harga satuan panel tersebut tidak paling mahal sehingga rasio Rp/Wp yang didapat tidak paling besar dibanding hasil Rp/Wp panel lain. Rata – rata harga Rp/Wp panel dari hasil survei yaitu Rp 18.853/Wp.



**Gambar 12.** Harga Rp dan Rp/Wp panel hasil survei

Perbandingan daya *output* dengan luas permukaan panel ( $W/m^2$ ) menunjukkan gambaran dimensi dan *output* dari sebuah panel surya. Perbandingan ini didapatkan dengan membagi daya *output* panel dalam Watt dengan luas permukaan panel dalam

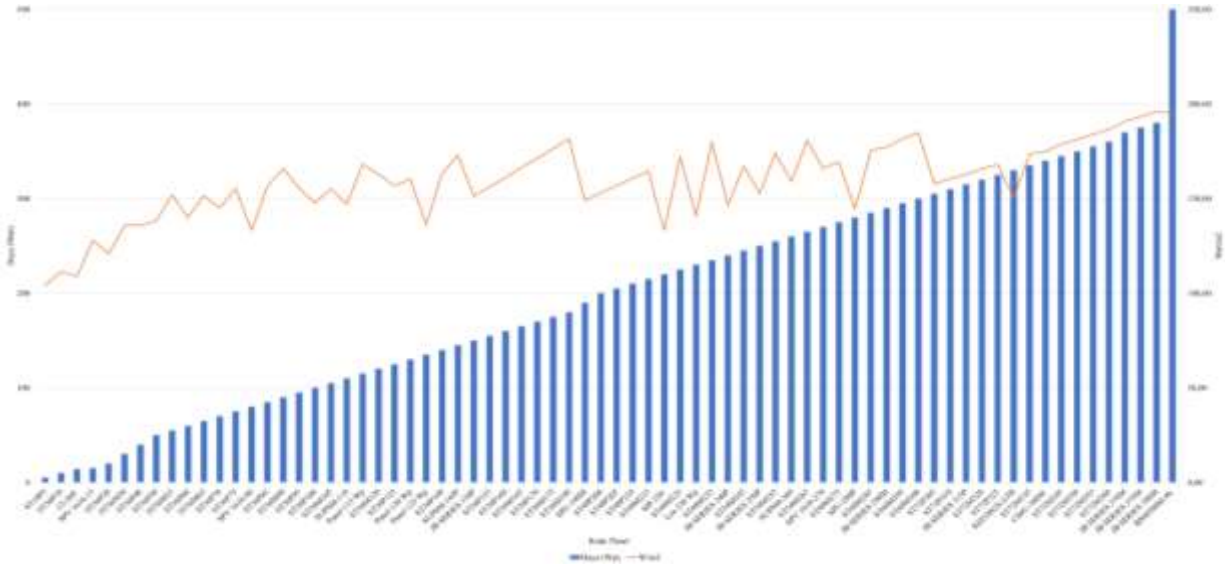
$m^2$ . Dari total 241 panel, tidak semua mencantumkan dimensinya. Dimensi panel adalah panjang, lebar serta tinggi panel dan 212 panel menyertakan dimensi dalam spesifikasi teknisnya. Panel yang berdaya sama akan dihitung sebagai satu panel



saja. Jadi total panel adalah sebanyak 72 panel.

Panel dengan  $W/m^2$  terkecil yaitu  $103,95 W/m^2$  adalah ST18P5 produksi Sky Energy Indonesia yang berkapasitas 5 Watt dan luas permukaan panel  $0,048 m^2$ . Panel dengan  $W/m^2$  terbesar yaitu  $195,94 W/m^2$  adalah panel JB series 380M

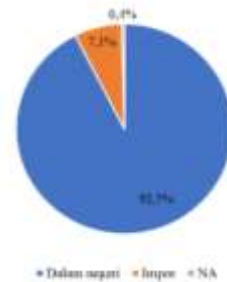
produksi Sky Energy Indonesia yang berkapasitas 380 Watt dan luas permukaan  $1,93 m^2$ . Besar  $Watt/m^2$  sebuah panel digunakan untuk mengetahui berapa banyak *output* yang diproduksi panel setiap  $m^2$ . Dari 72 panel tersebut, rata – rata  $Watt/m^2$  adalah  $159,46 W/m^2$ .



Gambar 13. Besar Watt dan  $Watt/m^2$  panel hasil survei

#### 4.7 Panel Produksi Nasional dan Impor

Data produsen panel surya di Indonesia menjadi dua kategori yaitu produksi pabrik lokal dan impor. Persentase panel dalam negeri sebesar 92,5%, persentase panel impor sebesar 7,1% dan kelompok panel tanpa identitas asal sebesar 0,4%. Kelompok panel yang tidak diketahui tempat produksinya karena pada sumber survei panel tidak mencantumkan kode panel dengan jelas dan tidak mencantumkan asal/produsen panel. Jadi berdasarkan hasil survei tersebut memperlihatkan bahwa sebagian besar panel di Indonesia adalah produk lokal. Produsen lokal panel surya berdasarkan survei yaitu LEN, Azet Surya, Deltamas, Sky Energi Indonesia, Prima Utama, Surya Utama, Indodaya Cipta Lestari, Jembo Energindo, Adnyawinsa serta Wijaya Karya.

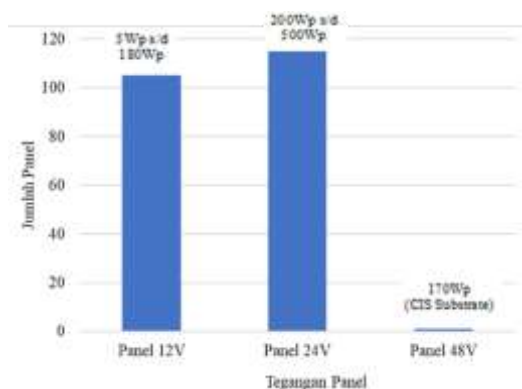


Gambar 14. Produsen panel hasil survei

#### 4.8 Tegangan Panel Surya

Spesifikasi penting lainnya yang perlu diperhatikan pada panel yaitu tegangan.

Pengelompokkan panel berdasarkan tegangan akan memudahkan untuk memilih panel dengan tegangan sistem yang cocok dengan PLTS yang akan dibangun. Gambar 15 menyajikan grafik ketersediaan panel sesuai dengan tegangan.



**Gambar 15.** Panel surya berdasarkan tegangan

Dari 241 panel yang telah disurvei jika dikategorikan sesuai dengan tegangan menjadi panel dengan tegangan 12 V, 24 V, dan 48 V. Pengelompokan ini dilakukan dengan melihat jumlah sel atau tegangan open circuit (Voc) panel surya. Kelompok panel 12 V yaitu panel – panel yang memiliki jumlah sel  $\leq 36$  sel atau besar Voc panel mendekati 22 V. Hasil survei dari 241 panel menunjukkan bahwa terdapat 105 panel bertegangan 12 V. Kelompok panel 24 V yaitu panel dengan jumlah sel antara 60 sel atau 72 sel dan Voc mendekati 36 V jika jumlah selnya 60 sel atau mendekati 44 V jika jumlah selnya 72 sel. Terdapat 115 panel yang bertegangan 24 V. Kelompok panel 48 V yaitu panel dengan jumlah 144 sel dan Voc panel mendekati 88 V. Dari hasil survei terdapat 1 panel yang bertegangan 48 V. Kelompok panel yang tidak mencantumkan informasi Voc dan juga jumlah selnya berjumlah 20 panel.

#### 4.9 Potensi Sumber Daya Alam Indonesia

Ketersediaan panel surya sebaiknya ditunjang dengan pembangunan di industri tenaga surya. Pembangunan industri panel surya pun harus mempertimbangkan ketersediaan bahan baku yang akan digunakan. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan panel surya yaitu silika. Berdasarkan data ESDM terdapat sekitar 17 miliar ton bahan baku silika dan tersebar hampir di seluruh Indonesia [14]. Namun pemanfaatan di Indonesia masih sangat minim, seperti di Sumatera hanya digunakan sebagai bahan keramik tetapi silika Indonesia memiliki komposisi kimia yang dapat digunakan untuk bahan solar sel yang sesuai dengan standar solar sel yang ada di dunia [14].

Silika di Indonesia sudah memenuhi syarat untuk diproduksi menjadi panel surya. Silikon untuk panel surya tidak harus menggunakan silikon dengan kemurnian yang tinggi, sehingga pabrikan pengolahan silika tidak harus memerlukan teknologi yang sulit atau terlalu murni untuk mengolah silika [14]. Pabrikan panel surya yang sudah memproduksi panelnya sendiri jumlahnya masih sedikit. Mayoritas pabrikan panel surya di Indonesia masih dalam tahap produksi perakitan dan hanya PT LEN yang sudah mampu memproduksi panel sendiri [15]. Berlimpahnya ketersediaan silika di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi panel surya dalam negeri agar terpenuhinya target pemerintah di Indonesia, selain itu juga dengan meningkatnya industri – industri ini dapat membuka peluang lapangan pekerjaan bagi masyarakat Indonesia.

#### 5. SIMPULAN

Teknologi sel panel surya di pasaran Indonesia menggunakan teknologi *monocrystalline* dan *polycrystalline* dengan kapasitas 5 Watt sampai 500 Watt, tegangan 12 Volt, 24 Volt, dan 48 Volt, efisiensi antara 15% sampai 20%, rata – rata Rp/Wp sebesar Rp18.853/Wp serta daya per luas panel sebesar 159,46 Watt/m<sup>2</sup>. Dalam konteks pencapaian kapasitas PLTS 6500 MW pada tahun 2025, industri panel surya nasional perlu meningkatkan kapasitas produksi dengan pemberian insentif berupa jaminan pembelian produk dan memberikan insentif bagi pengembangan pabrik baru, disamping tetap bisa memanfaatkan panel produksi China. Peningkatan produksi panel surya ini diharapkan mampu membantu mencapai target kapasitas PLTS nasional 6500 MW di tahun 2025, serta informasi peningkatan panel surya tersebut dapat membantu masyarakat dan lembaga yang membutuhkan referensi panel surya untuk pengembangan PLTS.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia Gov, Peraturan Presiden 22/2017 – Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), 2017.
- [2] Messenger, Roger A., and Jerry Ventre. "Photovoltaic systems engineering." (2004).
- [3] Sunkalp Energy, "Types of Solar PV Module Technology" [Online]. Tersedia

- : <https://sunkalp.com/types-of-solar-pv-module-technology/> [Diakses : 23 Maret 2020]
- [4] Modul fotovoltaik [Online]. Tersedia : <https://sin.panasonic.com/images/solar/sollar-cell.jpg> [Diakses : 23 Maret 2020]
- [5] EERE, "Solar Photovoltaic Cell Basics" [Online]. Tersedia : <https://www.energy.gov/eere/solar/articles/solar-photovoltaic-cell-basics> [Diakses : 23 Maret 2020]
- [6] NREL, "Q1/Q2 2019 Solar Industry Update", National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2019.
- [7] NREL, "Q2/Q3 2019 Solar Industry Update", National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2019.
- [8] BSN, "Daftar SNI Judul Fotovoltaik Status Berlaku", Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2020.
- [9] APAMSI, "Tentang Apamsi" [Online]. Tersedia : [http://apamsi.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=58&Itemid=182](http://apamsi.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=58&Itemid=182) [Diakses : 3 Juni 2020]
- [10] APAMSI, "Anggota APAMSI" [Online]. Tersedia : [https://www.apamsi.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=91&Itemid=302](https://www.apamsi.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=91&Itemid=302) [Diakses 3 Juni 2020]
- [11] Pabrik Panel Surya yang ada di Indonesia [Online]. Tersedia : <https://janaloka.com/pabrik-panel-surya-yang-ada-di-indonesia/> [Diakses : 8 September 2020]
- [12] Solar Power Statistic in China [Online]. Tersedia : <https://solarfeeds.com/solar-power-statistics-in-china/> [Diakses : 9 November 2020]
- [13] Nandika, Reza, and Pamor Gunoto. "Pemanfaatan Sel Surya 50 Wp Pada Lampu Penerangan Rumah Tangga di Daerah Hinterland." *Sigma Teknika* 1.2 (2018): 185-195.
- [14] BPPT, "Potensi Sumber Daya Silika Dan Wacana Pembangunan Industri PV Di Indonesia Mengacu Pada Industri PV Global Dan Perkembangan Material Maju Di Indonesia" [Online]. Tersedia : [https://ptm.bppt.go.id/kegiatan-dan-kerja-sama/berita/224-potensi-sumber-daya-silika-dan-wacana-pembangunan-industri-pv-di-indonesia-mengacu-pada-industri-pv-](https://ptm.bppt.go.id/kegiatan-dan-kerja-sama/berita/224-potensi-sumber-daya-silika-dan-wacana-pembangunan-industri-pv-di-indonesia-mengacu-pada-industri-pv-global-dan-perkembangan-material-maju-di-indonesia)
- [global-dan-perkembangan-material-maju-di-indonesia](http://global-dan-perkembangan-material-maju-di-indonesia) [Diakses : 9 November 2020]
- [15] Pemanfaatan Energi Surya Dimulai [Online]. Tersedia : <http://www.alpensteel.com/article/115-102-energi-matahari--surya--solar/2250--pemanfaatan-energi-surya-dimulai> [Diakses : 16 November 2020]