

RENEWABLE ENERGY: PHOTOVOLTAICS, AN INTRODUCTION

Iswadi¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
wadi.phys.uin@gmail.com

Abstract: Energy is one of the most hot issue today. Energy consumption has increasing every year around the world but the sources not increasing significantly. Most of the energy source come from coal and oil with decrease every year. However oil and charcoal tends to be distinctive near future since it not renewable. Besides, it is polluting, environmentally harmful and rather expensive. As consequence it is important to explore another renewable energy resources. One good example is solar energy, with using sel phovoltaics technology. Photovoltaics technology have been presented with higher efficiency and low cost in production such as perovskite solar cell.

Keywords: Renewable energy, photovoltaics, efficiency.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan primer yang saat ini jumlahnya semakin hari semakin banyak yang diperlukan. Sumber energi saat ini didominasi dari minyak bumi, batu bara dan gas. Ketiga sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga jumlah cadangannya semakin hari semakin berkurang. Diperlukan sumber energi baru dan terbarukan untuk mendukung kebutuhan konsumsi energi dunia. Sumber energi yang dimaksud antara lain Geotermal, energi surya, air/gelombang laut dan biodiesel. Dua yang pertama merupakan sumber energi yang melimpah di Indonesia.

Indonesia sebagai negara yang terbentang dari timur ke barat di bawah ekuator sangat melimpah akan energi surya. Potensi energi ini sangat besar, rata-rata daerah di Indonesia memperoleh energi radiasi dari matahari sebesar 4 kWh/m² (Handayani, 2012), sayangnya sumber energi ini belum dilirik oleh pemerintah sebagai sumber energi yang baru dan terbarukan. Selain berada dibawah ekuator, Indonesia juga berada pada lingkaran cincin api (*ring of fire*) yang menyebabkan sumber energi geotermal menjadi terbesar di dunia yakni 40% dari total energi geotermal dunia berada di Indonesia, namun baru sekitar 4 persen yang dikelola (ESDM, 2014).

Pada tulisan ini akan di uraikan lebih khusus mengenai energi surya yang secara fisis dikenal sebagai photovoltaics. Tujuan utama tulisan ini adalah untuk memperkenalkan sumber energi surya, jenis, perkembangan dan teknologinya.

2. PHOTOVOLTAICS

Photovoltaics adalah sistem konversi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mekanisme fisika tertentu. Listrik yang diperoleh berupa listrik arus searah (*direct current*, DC) yang jumlah Watt-nya ditentukan oleh efisiensi panel surya yang digunakan. Karena berupa arus DC maka diperlukan konverter untuk mengubahnya menjadi arus bolak balik (*alternative current*) agar dapat digunakan dalam konsumsi elektronik rumah tangga.

Photovoltaics (solar sel atau solar energi) saat ini masih tergolong mahal yakni \$ 7-10 /Watt, namun dengan masa pakai hingga 20 tahun dan maintenance yang rendah secara keseluruhan masih terbilang murah (UCEP, 2014). Dengan makin banyaknya pilihan teknologi solar sel yang tersedia diharapkan kedepan harganya semakin murah. Solar sel dengan harga yang murah (*manufacturing cost*) dan efisiensi tinggi menjadi fokus riset para peneliti di berbagai laboratorium didunia saat ini. Tabel berikut memberikan gambaran mengenai harga produksi berbagai jenis solar sell yang telah diproduksi.

Tabel 1. Production cost beberapa jenis solar sell yang pernah di produksi

Process	Material	Utilization rate (%)	Cost (\$/kg)	Thickness (µm)	Cost (\$/W)
CdTe sublimation (commercial)	CdTe	75	170	4	0.05
CdTe electrodeposition (pilot line)	Te	95	250	2	0.02
In-line a-Si GD (commercial)	Ge	10	3000	1	0.12
Box carrier (batch) a-Si (commercial)	Ge	25	3000	1	0.05
High-rate a-Si (experimental)	Ge	10	3000	1	0.12
High-rate CIGS evaporation (experimental)	In	50	400	2	0.03
Sputtering CIGS (experimental)	In target	75	800	2	0.043
Silicon film TM (experimental)	Si	75	20	50	0.03
Single crystal silicon	Si (feedstock)	45	20	320	0.32

Copra K L, *et.al.*, 2004.

Jenis dan Teknologi Photovoltaics

Jenis photovoltaics ditentukan oleh bahan dasar yang digunakan, misalnya Silikon (Si), CdTe, GaAs, dye-Sensitized, Organik atau gabungan beberapa unsur misalnya pada unsur III-V. Selain dari bahan dasarnya, photovoltaik juga dibedakan berdasarkan teknologi yang digunakan dalam proses pembuatannya. Teknologi yang digunakan misalnya, Kristal, amorf-Si, lapisan tipis (*thin film*) atau melalui bahan organik. Secara umum perkembangan teknologi photovoltaics dapat di bedakan pada tiga tahap atau generasi, Generasi pertama (Konvensional, Si), generasi kedua (lapisan tipis, CdTe) dan generasi ketiga (Organik) seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.

Efisiensi

Setiap sel photovoltaics memiliki efisiensi yang berbeda, semakin tinggi efisiensi sebuah sel photovoltaics semakin baik dalam mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Berdasarkan hasil riset berbagai lembaga riset dan laboratorium di dunia yang fokus pada photovoltaics menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. (Green, M.A., *et.al.* 2014; Dimroth, F., *et.al.* 2014; Fujii, H., 2013).

Tabel 2 Efisiensi berbagai jenis sel photovoltaics

Classification ^a	Efficiency (%)	Area ^b (cm ²)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	Fill factor (%)	Test centre ^c (and date)	Description
Silicon							
Si (crystalline)	25.0 ± 0.5	4.00 (da)	0.706	42.7 ^{ff}	82.8	Sandia (3/99) ^g	UNSW PERL [20]
Si (multicrystalline)	20.4 ± 0.5	1.002 (ap)	0.664	38.0	80.9	NREL (5/04) ^h	FhG-ISE [21]
Si (thin-film transfer)	20.1 ± 0.4	242.6 (ap)	0.682	38.14 ^f	77.4	NREL (10/12)	Solexel (43 μm thick) [22]
Si (thin-film minimodule)	10.5 ± 0.3	94.0 (ap)	0.492 ^g	29.7 ^g	72.1	FhG-ISE (8/07) ^h	CSG Solar (<2 μm on glass; 20 cells) [23]
III-V cells							
GaAs (thin film)	28.8 ± 0.9	0.9927 (ap)	1.122	29.68 ^{ff}	86.5	NREL (5/12)	Alta Devices [24]
GaAs (multicrystalline)	18.4 ± 0.5	4.011 (tl)	0.994	23.2	79.7	NREL (11/95) ^h	RTI, Ge substrate [25]
InP (crystalline)	22.1 ± 0.7	4.02 (tl)	0.878	29.5	85.4	NREL (4/90) ^h	Spire, epitaxial [26]
Thin-film chalcogenide							
CIGS (cell)	19.8 ± 0.6 ^f	0.9974 (ap)	0.716	34.91 ^k	79.2	NREL (11/13)	NREL, on glass [27]
CIGS (minimodule)	18.7 ± 0.6	15.892 (da)	0.701 ^{ff}	35.29 ^{ff}	75.6	FhG-ISE (9/13)	Solibro, four serial cells [4]
CdTe (cell)	19.6 ± 0.4	1.0055 (ap)	0.8573	28.59 ^f	80.0	Newport (6/13)	GE Global Research [28]
Amorphous/microcrystalline Si							
Si (amorphous)	10.1 ± 0.3 ^{ff}	1.036 (ap)	0.886	16.75 ^d	67.8	NREL (7/09)	Oerlikon Solar Lab, Neuchâtel [29]
Si (microcrystalline)	10.8 ± 0.3 ^f	1.045 (da)	0.523	28.24 ^k	73.2	AIST (9/13)	AIST [5]
Perovskite/dye sensitised							
Dye sensitised	11.9 ± 0.4 ^{ff}	1.005 (da)	0.744	22.47 ^f	71.2	AIST (9/12)	Sharp [6]
Dye sensitised (minimodule)	9.9 ± 0.4 ^{ff}	17.11 (ap)	0.719 ^g	19.4 ^g	71.4	AIST (8/10)	Sony, eight parallel cells [30]
Dye (submodule)	8.8 ± 0.3 ^{ff}	398.9 (da)	0.697 ^g	18.42 ^g	66.7	AIST (9/12)	Sharp, 26 serial cells [6,7]
Organic							
Organic thin film	10.7 ± 0.3 ^g	1.013 (da)	0.872	17.75 ^f	68.9	AIST (10/12)	Mitsubishi Chemical (4.4 × 23.0 mm) [31]
Organic (minimodule)	8.5 ± 0.3 ^g	25.02 (da)	0.800 ^g	15.81 ^{ff}	67.3	AIST (8/13)	Toshiba (four series cells) [10]
Organic (submodule)	6.8 ± 0.2 ^{ff}	395.9 (da)	0.798 ^{ff}	13.50 ^f	62.8	AIST (10/12)	Toshiba (15 series cells) [10]
Multijunction devices							
5J GaAs/InP bonded	38.8 ± 1.9	1.021 (ap)	4.767	9.56	85.2	NREL (7/13)	Spectrolab 5 junction [32]
InGaP/GaAs/InGaAs	37.9 ± 1.2	1.047 (ap)	3.065	14.27 ^f	86.7	AIST (2/13)	Sharp [33]
a-Si/n ₀ -Si/n ₀ -Si (thin film)	13.4 ± 0.4 ^g	1.006 (ap)	1.963	9.52 ^f	71.9	NREL (7/12)	LG Electronics [34]
a-Si/n ₀ -Si (thin-film cell)	12.3 ± 0.3 ^g	0.962 (ap)	1.365	12.93 ^f	69.4	AIST (7/11)	Kaneka [35]
a-Si/n ₀ -Si (thin-film minimodule)	11.7 ± 0.4 ^g	14.23 (ap)	5.462	2.99	71.3	AIST (9/04)	Kaneka [36]

Green, M.A., *et. El. Solar efficeincy tables (version 43)*, Prog. Photovolt: Res. Appl. 2014; 22:1–9; DOI: 10.1002/pip.2452.

Data tersebut menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi dimiliki oleh multi junction dengan efisiensi diatas 38 %. Salah satu hasil riset (skala laboratorium) telah mengkonfirmasi efisiensi sebesar 44.7% (Dimroth, F., *et.al.* 2014). Meskipun telah

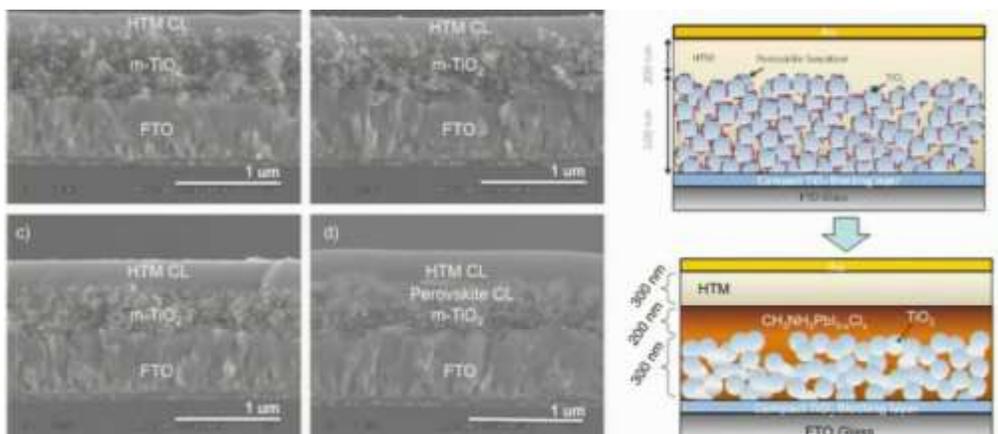
ditemukan efisiensi tinggi namun biaya produksi dan ketersediaan bahan bakunya menjadi persoalan karena mahal.

Photovoltaics yang sifatnya *low cost-high efficiency and sustainable* menjadi fokus riset yang makin diminati. Tercatat Gratzel dari EPFL Swiss mengkonfirmasi jenis photovoltaics yang murah dengan efisiensi tinggi, *dye-sensitized solar cells*. Jenis solar sel ini sangat murah dari segi produksi karena hanya menggunakan Titanium oksida (TiO_2) sebagai bahan dasar lalu di celup (dye) ke bahan elektrolit, hasilnya sangat baik, namun dari segi kestabilan kurang baik.



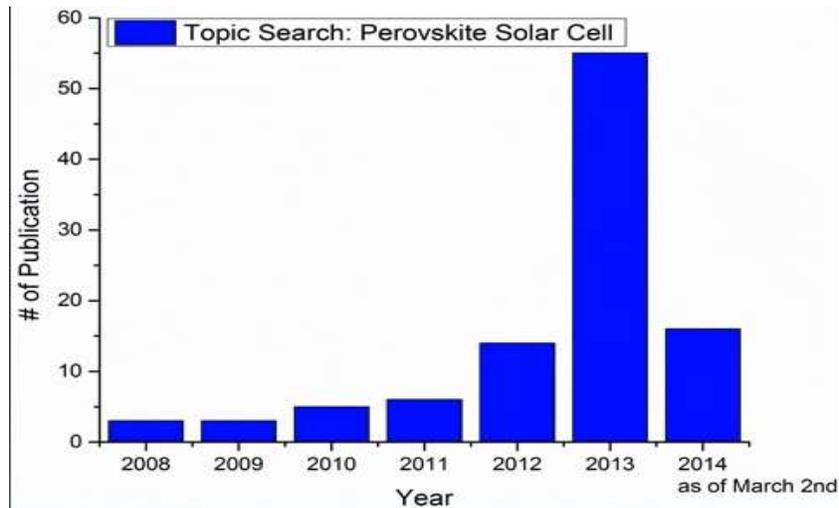
Gambar 1 Ilustrasi lapisan pada *dye-sensitized solar sell*

Henry Snaith dari jurusan fisika Universitas Oxford memberikan solusi dari kekurangan pada dye-sensitized solar cell dengan mengganti *dye* dengan bahan yang disebut *perovskite*. Bahan ini pada dasarnya adalah bahan kimia biasa dengan rumus *ABX*, misalnya $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$.



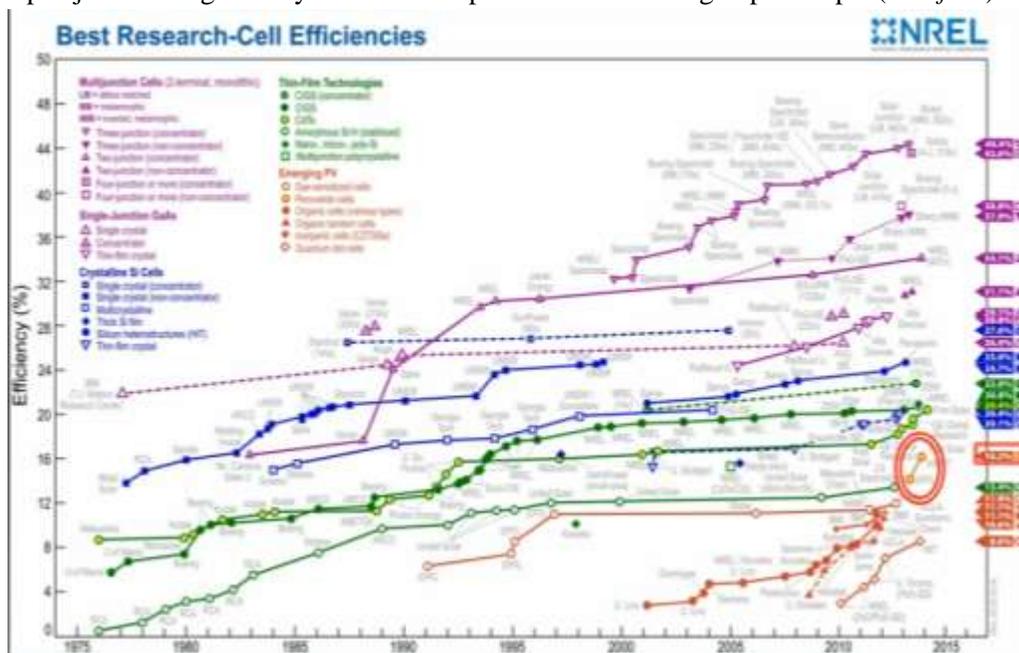
Gambar 3 Karakteristik sebuah sel photovoltaics berbasis perovskite

Hasil riset tersebut menunjukkan bahwa photovoltaics berbahan dasar perovskite menjadi menjadi sell yang paling murah dengan efisiensi tertinggi, selain itu jenis sell ini juga dapat bekerja dengan intensitas cahaya yang minim.



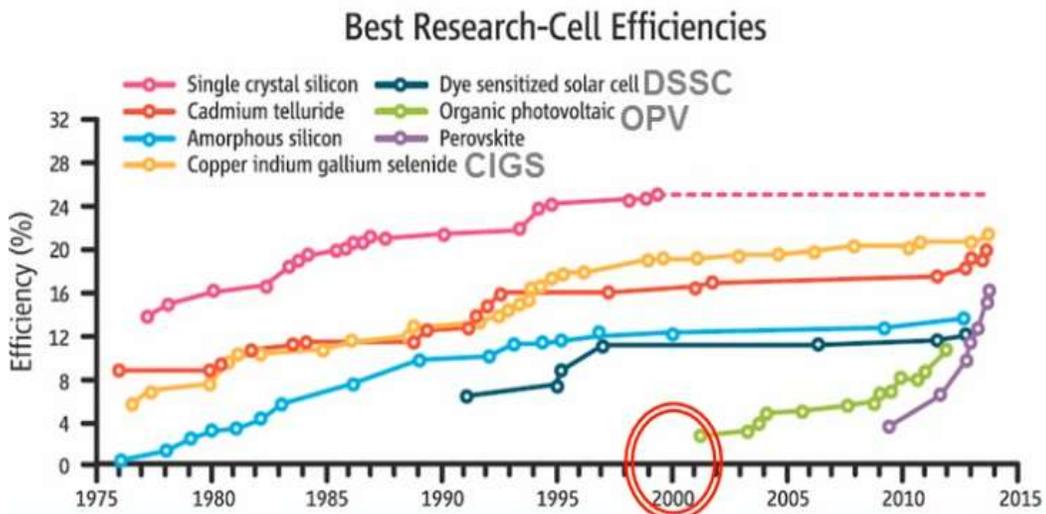
Gambar 2 Fokus riset perovskite (IOP Science)

Grafik pada gambar 2 menunjukkan minat riset pada bidang perovskite solar sel meningkat tajam hanya dalam kurung waktu delapan tahun. Hasil riset terkahir mengkonfirmasi besaran efisiensi yang diperoleh berada pada angka 15% dan sedang dipelajari kemungkinannya untuk diterapkan dalam teknologi lapisan tipis (*thin film*).



Gambar 3 Konfirmasi efisiensi berbagai jenis (teknologi) sel photovoltaics

Grafik pada gambar 3 menunjukkan konfirmasi efisiensi seluruh jenis sel photovoltaics yang di publikasikan oleh departemen energi Amerika, NREL (*National Renewable Energy Laboratory*). Data tersebut menunjukkan bahwa perovskite solar sel sudah berada pada posisi 15% dalam kurung waktu yang sangat singkat dibandingkan dengan jenis sel yang lain yang umumnya dimulai sebelum tahun 1980an.



Gambar 4 Ilustrasi perbandingan efisiensi dari generasi sel photovoltaics

Gambar 4 menunjukkan efisiensi terbaik dari jenis sel photovoltaics dari tiga generasi. Generasi pertama (*single crystal silicon* dan *amorphous silicon*) yang dimulai dari tahun 70an memberikan efisiensi terbaik masing-masing sekitar 25% dan 11%, generasi kedua, *thin film* (*cadmium telluride* dan *copper indium gallium selenide*) dengan rentang riset yang hampir sama dengan generasi pertama memebrikan efisiensi terbaik masing-masing sekitar 17% dan 20%. Sedangkan generasi ketiga (*dye-sensitized solar sell*, *organic* dan *perovskite*) memberikan efisiensi sebesar 12%, 10% dan 15% secara berurutan dengan masa riset yang pendek

3. KESIMPULAN

Energi surya merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang sangat melimpah terutam di negara tropis. Energy tersebut dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan sel photovoltaics. Teknologi sel photovoltaics terbaru (generasi ketiga) memberikan harapan besar bahwa kedepan konversi energi matahari akan lebih murah dari segi biaya namun dengan efisiensi sel yang makin baik. Sebagai negara

tropis seharusnya Indonesia menjadikan riset sel photovoltaics khususnya perovskite solar sel sebagai salah satu riset unggulan di bidang energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, N.A, Aryanti,D., *Potency of Solar Energy Applications in Indonesi*, Int. Journal of Renewable Energy Development 1(2) 2012:33-38, 2012.
- Fujii H, Toprasertpong K, Wang Y, Watanabe K, Sugiyama M, dan Nakano Y. *100-period, 1.23-eV bandgap InGaAs/GaAsP quantum wells for high-efficiency GaAs solar cells: toward current-matched Ge-based tandem cells*. Prog. Photovolt: Res. Appl. 2014; 22:784–795. DOI: 10.1002/pip.2454.
- Dimroth F, Grave M, Beutel P, Fiedeler U, Karcher C, Tibbits T N D, Oliva E, Siefert G, Schachtner M, Wekkeli A, Bett A W, Krause R, Piccin M, Blanc N, Drazek C, Guiot E, Ghyselen B, Salvetat T, Tauzin A, Signamarcheix T, Dobrich A, Hannappel T, dan Schwarzburg K. *Wafer bonded four-junction GaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs concentrator solar cells with 44.7% efficiency*. Prog. Photovolt: Res. Appl. 2014; 22:277–282; DOI: 10.1002/pip.2475.
- UCEP home page.htm/Georgia Institute of Technology. USA. Update: Desember 2014.
- Grätzel M, Review Dye-sensitized solar cells, Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews 4 (2003) 145–153, 2003.
- IOP Science. Update: Desember 2014
- Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory (NREL), *Best research efficiency*, USA. Update: Desember 2014.
- T Leijtens, B Lauber, GE Eperon, SD Stranks, HJ Snaith. *The Importance of Perovskite Pore Filling in Organometal Mixed Halide Sensitized TiO₂-Based Solar Cells*. JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS 5 (2014) 1096-1102.