

# ANALISIS PENGARUH DISAIN KONTAK ATAS (*FRONT CONTACT*) PADA PENINGKATAN EFISIENSI SEL SURYA

Alphin S. Musila<sup>\*)</sup>,  
Elisabeth T. Mbitu<sup>\*\*)</sup>

## Abstract

Front contact is a factor which influence the solar cell efficiency. Front contact desain will be influence the vast of solar cell area surface that catch sun light. Because of that, finger and busbar as a part of desain parameter of front contact, and finger spacing as a factor which influence the efficiency was designed at the optimum conditions by taking into account rules of screen printing for solar cell fabrication. Two type solar cell design with tapered busbar model then fabricated, simulated using PC-1D program and tested using the Spire Corp. SPI 240A solar simulator with standard power 100 mW/cm<sup>2</sup>. They are solar cell with 2.4 mm finger spacing and solar cell with 2.7 mm finger spacing. From the results of sun simulator, the highest efficiency for type I solar cell (S=2.4 mm) are 10.26% and 10.83% for type II solar cell (S=2.7 mm). These value are lower than output of PC-1D simulation. PC-1D simulation output are 11.11% (type I solar cell) and 11.15% (type II solar cell). From the test proved that divais area influence the efficiency but not have significant effect.

**Keyword:** solar cell, screen printing, optimum design, finger, busbar.

## I. PENDAHULUAN

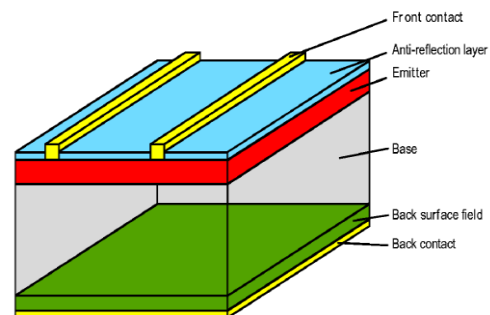
Kontak atas sel surya merupakan material dengan konduktifitas yang tinggi dan sangat berpengaruh terhadap daya sel surya. Disain bentuk grid (susunan finger dan busbar) menjadi salah satu aspek yang sangat menentukan dalam disain sel surya. Berbagai rugi atau kehilangan daya disebabkan oleh kontak atas (Bhakta dan Bandyopadhyay, 2005). Parameter kritis yang menentukan besar kehilangan daya akibat kontak atas adalah tata letak kontak, resistivitas sheet lapisan logam kontak dan lapisan difusi atas sel, serta lebar kontak minimum yang diijinkan dengan teknologi yang digunakan untuk menentukan geometri kontak. Untuk disain kontak atas berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang, ada dua elemen yang diidentifikasi sebagai busbar dan finger. Finger dan busbar selalu mempunyai lebar konstan, meruncing linear atau lebarnya mempunyai perubahan undak (Lubis dan Sudrajat, 2006).

Dalam industri pembuatan sel surya, teknologi screen printing merupakan teknik yang paling banyak digunakan karena kesederhanaan prosesnya. Ismet dan kawan-kawan tahun 2005 menerapkan metode screen printing untuk membuat sel surya terutama pada proses metalisasi (kontak atas dan kontak bawah) dengan berbahan dasar multikristal silikon. Berdasarkan hasil pengujian dinyatakan bahwa efisiensi sel yang dihasilkan sekitar 8,5%. Teknik screen printing juga digunakan oleh Rosa, Ismet

dan Shobih (2009) untuk membuat modul surya yang diaplikasikan pada Solar Home System dengan bahan dasar multikristal silikon. Hasil pengujian menyatakan bahwa daya yang dihasilkan sebesar 440 mW dengan efisiensi sebesar 9,12%. Kelemahan dari sel surya Ismet adalah tidak memperhitungkan optimasi disain kontak atas. Terkait dengan hal tersebut, tulisan ini melaporkan hasil penelitian mengenai pengaruh disain kontak atas (busbar dan finger) terhadap karakteristik sel surya. Metalisasi kontak atas sel surya dilakukan dengan teknik penyablonan (screen printing).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum struktur sebuah sel surya terdiri atas kontak metal atas (kutub positif), lapisan anti refleksi (ARC), lapisan semikonduktor tipe, sambungan p-n (p-n junction), lapisan semikonduktor tipe p, dan kontak metal bawah (kutub positif). Gambar 1. memperlihatkan struktur dasar sel surya.



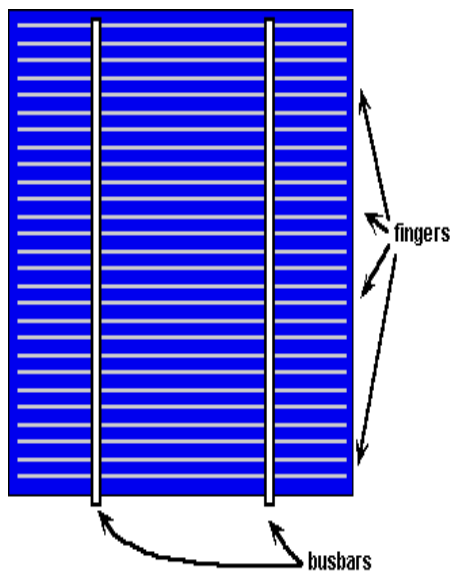
Gambar 1. Struktur Sel Surya

<sup>\*)</sup> Alphin S Musila; Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ambon

<sup>\*\*)</sup> Elisabeth T. Mbitu, Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ambon

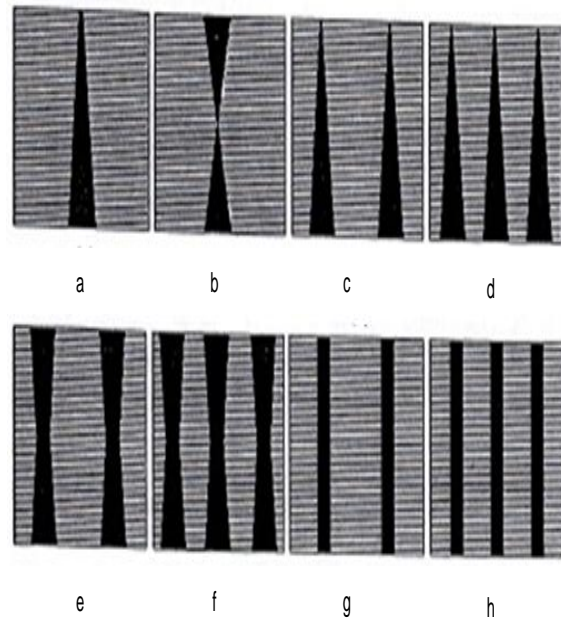
Sel surya (solar cell) disebut juga divais photovoltaic. Pada prinsipnya divais sel surya mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Energi listrik yang dihasilkan adalah energi listrik arus searah (DC).

Pertimbangan yang penting dalam disain sel surya adalah disain kontak atas. Parameter kritis yang menentukan besar kehilangan daya akibat kontak atas adalah tata letak kontak, resistivitas sheet lapisan logam kontak dan lebar kontak minimum yang diijinkan dengan teknologi yang digunakan. Kontak atas metal sangat dibutuhkan untuk mengumpulkan arus yang dibawa oleh sel surya. Busbar adalah bagian yang dihubungkan langsung dengan eksternal sel. Finger adalah bagian (elemen) yang lebih halus dari busbar yang berfungsi untuk mengumpulkan arus dan menyalurkannya ke busbar. Elemen kontak atas sel surya ditunjukkan dalam Gambar 2. Finger dan busbar selalu mempunyai lebar konstan, meruncing linear atau lebarnya mempunyai perubahan undak.



Gambar 2. Kontak Atas Sel Surya

Gambar 3 memperlihatkan sebagian dari model disain kontak atas sel surya yang berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar. Setiap model memiliki parameter disain finger dan busbar yang berbeda yang nantinya akan berpengaruh pada output sel surya.



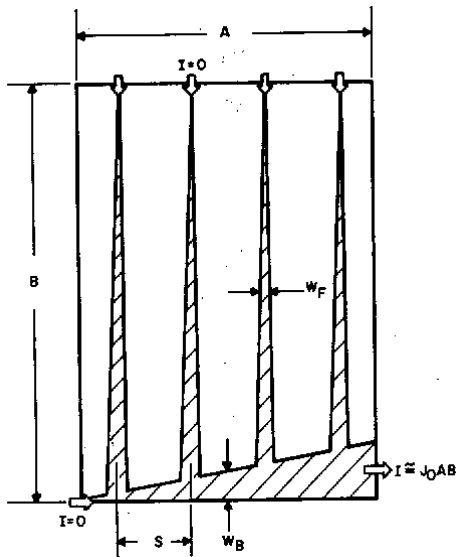
Gambar 3. Model Disain Kontak Atas

Agar kehilangan daya akibat kontak atas sel surya sekecil-kecilnya maka diusahakan agar disain kontak atas tersebut optimum. Teori untuk mengoptimalkan disain grid diperkenalkan oleh Serreze (1978). Gambar 4. menunjukkan bentuk dasar sebuah unit sel dengan dimensi A dan B. Kondisi optimum busbar terjadi jika kehilangan daya resistif di dalam busbar sama dengan kehilangan akibat bayangannya. Kondisi optimum busbar ( $W_B$ ) dinyatakan dengan Persamaan (1).

$$W_B = AB \sqrt{\frac{\rho_{smb} J_{mp}}{m V_{mp}}} \quad (1)$$

Untuk busbar yang berbentuk runcing (tapered),  $m=4$  sehingga nilai  $W_B$  dinyatakan dengan Persamaan (2).

$$W_B = AB \frac{1}{\sqrt{4}} \sqrt{\frac{\rho_{smb} J_{mp}}{V_{mp}}} \quad (2)$$



Gambar 4. Dimensi dan Kondisi Aliran Arus dalam Sebuah Unit Sel Surya Persegi (Serreze, 1978)

Disain metalisasi finger lebih kompleks daripada busbar. Kondisi optimum finger dinyatakan dengan Persamaan (3).

$$W_F = SB \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{\rho_{smb} J_{mp}}{V_{mp}}} \quad (3)$$

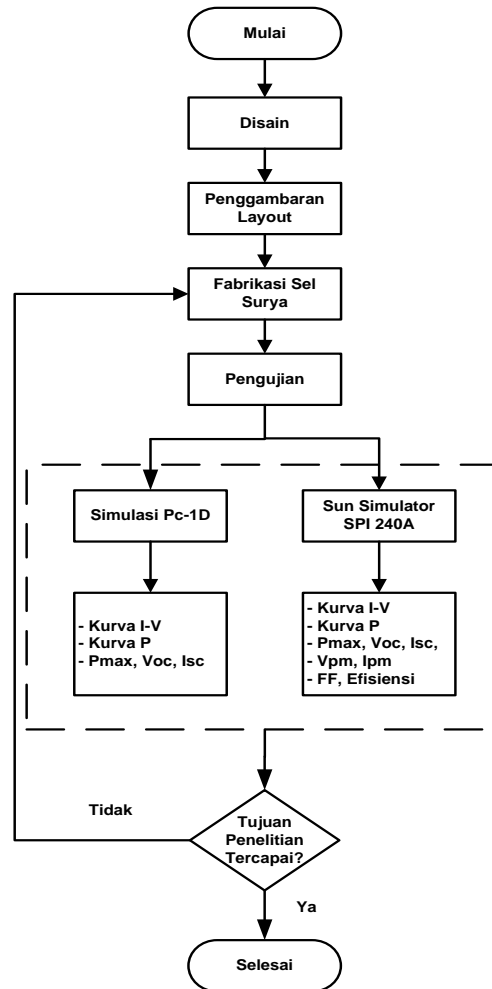
dengan,

- A dan B : dimensi unit sel
- S : jarak antar finger (finger spacing)
- $W_B$  : lebar busbar
- $W_F$  : lebar finger
- $\rho_{smb}$  : resistifitas sheet lapisan logam kontak busbar
- $\rho_{smf}$  : resistifitas sheet lapisan logam kontak finger

Didalam praktek kondisi optimum yang diberikan oleh Persamaan (2) dan (3) tidak mungkin dicapai karena dibatasi oleh ukuran minimum  $W_B$  dan S yang bisa diterapkan dalam skala produksi (Lubis dan Sudrajat, 2006). Disain kontak atas lebih baik jika menggunakan disain busbar yang panjang dan finger yang pendek (Serreze, 1978).

### III. METODOLOGI PERCOBAAN

Diagram alir metodologi penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah silikon multikristal tipe p dengan dimensi 10x10 cm<sup>2</sup> dengan resistansi bulk ( $\rho_{bulk}$ ) 0,5 -2  $\Omega$ cm, dan ketebalan (t) 270 $\mu$ m.

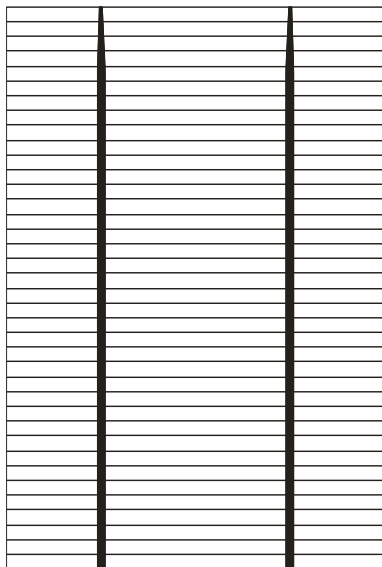
Terdapat dua disain sel surya yang dilakukan dengan disain sel surya dengan model tapered dan ada perbedaan lebar finger. Data lengkap disain ditunjukkan dalam Tabel 1

Tabel 1. Parameter disain sel surya

Tipe Disain	Dimensi Substrat		Aspek Rasio Finger		Aspek Rasio Busbar		Spasi Finger	Jumlah				Jarak Tepi Substrat dengan Garis Finger			
	mm							buah				mm			
	Lebar	Tinggi	Lebar	Panjang	Lebar	Tinggi	I	Busbar	Finger Line (*)	Finger Line (**)	Finger dlm 1 Line	Atas	Bawah	Kiri	Kanan
I	100	100	0.15	23.5	2	97.05	2.4	2	39.216	39	4	1.475	1.475	1	1
II	100	100	0.15	23.5	2	97.05	2.7	2	35.088	35	4	1.475	1.475	1	1

(\*) : Jumlah Finger Line Hasil Perhitungan  
 (\*\*): Jumlah Finger Line Setelah Pembulatan

Gambar 6 memperlihatkan tata letak disain kontak atas sel surya.



Gambar 6. Tata Letak Disain Kontak Atas

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data hasil simulasi PC-1D ditabulasikan dan ditunjukkan dalam Tabel 2 sedangkan hasil pengukuran simulator matahari SPI 240A pada 10 sel surya ditunjukkan dalam Tabel 3.

Dari hasil pengujian pada 10 buah sel surya hasil fabrikasi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1 diperoleh hasil bahwa nilai efisiensi berkisar antara 10.12% sampai 10.26% untuk sel surya Disain I dengan  $S=2.4$  mm dan untuk sel surya Disain II dengan  $S=2.7$  mm, nilai efisiensinya berkisar antara 10.49% sampai 10.83%.

Perbedaan nilai efisiensi antara sel surya disain I dengan sel surya disain II dipengaruhi oleh luas divais atau luas daerah yang tidak tertutupi oleh metal. Luas daerah yang tidak tertutup metal pada sel surya II 0.4535 lebih luas dibandingkan dengan luas divais sel surya disain I. Ini berarti bahwa luas daerah coverage atau luas daerah yang tertutupi oleh metal juga mempengaruhi output sel surya. Spasi finger mempengaruhi luas divais.

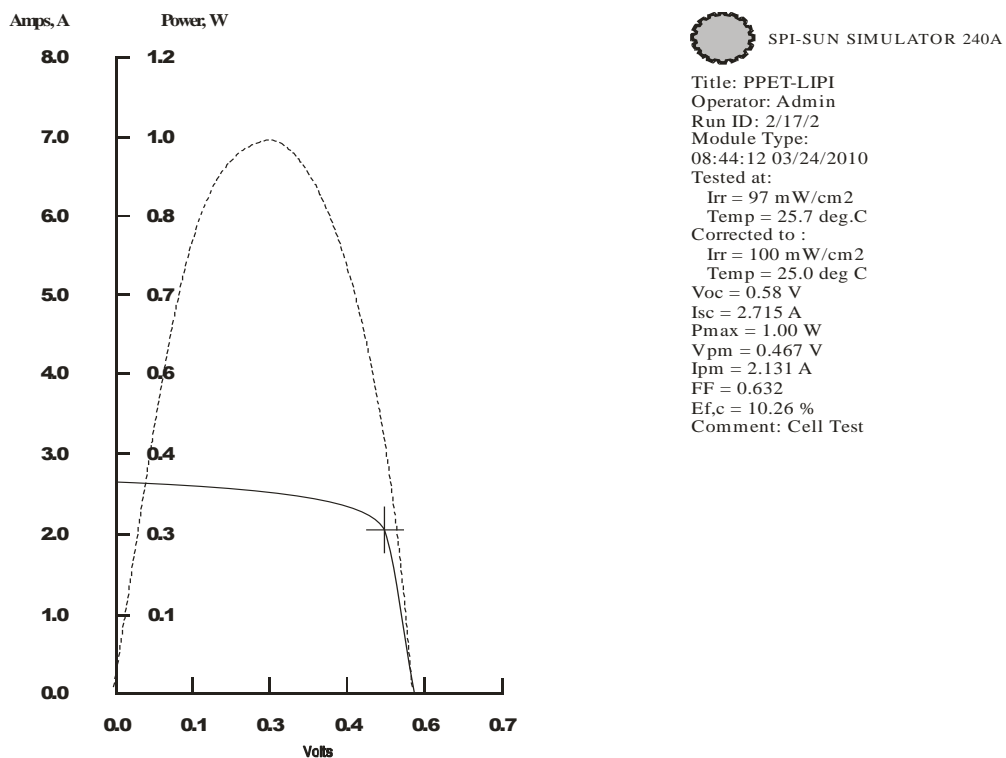
Sehingga dapat dikatakan bahwa walaupun jarak yang pendek antar finger diperlukan dalam teknologi sel surya (Serreze, 1978) namun dalam prakteknya kondisi ini dapat mempersempit luas divais sel surya dan bisa menurunkan efisiensinya walaupun pengaruhnya tidak signifikan. Kurva I-V sel surya yang diambil berdasarkan nilai tertinggi setiap disain ditunjukkan dalam Gambar 7. Gambar 7(a) memperlihatkan Kurva I-V untuk disain I dan Gambar 7(b) memperlihatkan Kurva I-V untuk disain II.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian dengan Program PC-1D

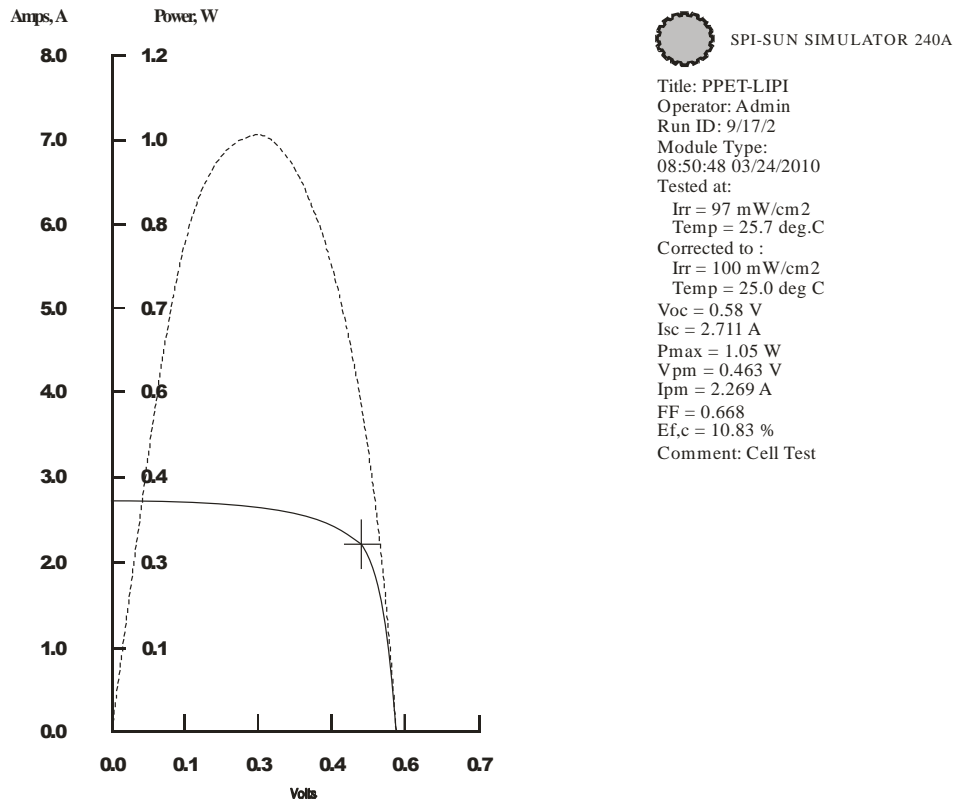
No	Disain	Spasi antar Finger	Luas Divais	Parameter Sel Surya				
				Voc	Isc	Pmax	FF	Efisiensi
			cm <sup>2</sup>	volt	Ampere	Watt		%
1	I	2.4 cm	90.5106	0.5623	2.506	1.006	0.7139	11.11%
2	II	2.7 cm	91.0989	0.5646	2.519	1.016	0.7143	11.16%

Tabel 4.2 Hasil Pengujian dengan Sun Simulator

No.	Disain	Spasi antar Finger	Parameter Listrik Sel Surya						
			Voc	Isc	Pmax	Vpm	Ipm	FF	Efisiensi
			volt	Ampere	Watt	volt	Ampere		%
1	I	2.4 cm	0.57	2.699	0.98	0.463	2.120	0.638	10.12%
2	I	2.4 cm	0.58	2.715	1.00	0.467	2.131	0.632	10.26%
3	I	2.4 cm	0.59	2.702	0.99	0.461	2.142	0.619	10.18%
4	I	2.4 cm	0.58	2.714	0.99	0.467	2.123	0.630	10.22%
5	I	2.4 cm	0.57	2.798	0.98	0.465	2.109	0.615	10.11%
6	II	2.7 cm	0.57	2.716	1.02	0.471	2.160	0.657	10.49%
7	II	2.7 cm	0.59	2.712	1.04	0.461	2.262	0.652	10.75%
8	II	2.7 cm	0.6	2.702	1.04	0.461	2.258	0.642	10.73%
9	II	2.7 cm	0.58	2.711	1.05	0.463	2.269	0.668	10.83%
10	II	2.7 cm	0.58	2.799	1.04	0.463	2.256	0.643	10.77%



Gambar 7(a). Kurva I-V Sel Surya Tipe I (Sel Nomor 2)  
 Hasil Pengukuran Simulator Matahari



Gambar 7(b). Kurva I-V Sel Surya Tipe II (Sel Nomor 9)  
 Hasil Pengukuran Simulator Matahari

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan, disain, fabrikasi, simulasi dan pengujian dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Disain sel surya dengan disain kontak atas optimum yaitu lebar busbar optimum, lebar finger optimum serta jarak antar finger dan pemilihan disain busbar berbentuk tapered yang diusulkan dapat meningkatkan efisiensi sel surya dari 9.12% menjadi 10.26% (Tipe I dengan  $S=2.4$  mm) dan 10.83% (Tipe II dengan  $S=2.7$  mm).
- 2) Perbedaan efisiensi tertinggi antara sel surya tipe I ( $S=2.4$  mm) dengan tipe II ( $S=2.7$  mm) berdasarkan pengukuran simulator matahari SPI-240A adalah 0.57% dan berdasarkan simulasi PC-1D adalah 0.05%, yang berarti bahwa luas divais berpengaruh pada nilai efisiensi.
- 3) Terdapat perbedaan nilai output parameter listrik antara hasil simulasi program PC-1D dengan hasil pengujian menggunakan simulator matahari SPI-240A yaitu nilai efisiensi terukur yang lebih rendah

7.73% dari simulasi PC-1D untuk sel surya dengan spasi finger 2.4 mm dan untuk disain dengan jarak antar finger 2.7 mm, efisiensi hasil pengukuran simulator matahari lebih rendah 2.96% dari hasil simulasi PC-1D. Nilai efisiensi hasil pengujian simulator matahari yang lebih rendah dari hasil simulasi program PC-1D ini disebabkan oleh ketidaksempurnaan dalam proses fabrikasi dan kondisi ruangan fabrikasi yang tidak steril.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhakta, A. dan Bandyopadhyay, S. (2005): **Constructal Optimazation of Top Contact Metallization of a Photovoltaic Solar Cell**. Int. Journal of Thermodynamics Vol. 8 Nomor 4. Pp. 167175-174181. Indian Institute of Technology Bombay. Mumbai.
- Burger, A.R. (1999): **How to Design Optimal Metalization Patterns for Solar Cell**. Progress in Photovoltaic:Research and Applications prog. Photovoltaic: Res.

- Appl. 7, 457-461. Jhon Willey & Son, Ltd.
- Honsberg, C. dan Bowden, S. **Photovoltaics CDROM**.<http://pvcdrom.pveducation.org/>. The National Science Foundation. USA.
- Lubis, A. dan Sudrajat, A. (2006): **Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik**. BBPT Press. Jakarta.
- Ngana, Paul J. (2007): **Contact Grid Optimazation Methodology for Solar Cell**. Nanophotonics Group Jacob University. Breman. Germany.
- Ismet, I., Shobih, dan Rosa. (2005): **Fabrikasi Sel Surya untuk Produksi Skala Kecil**. Jurnal Elektronika No. 2 Volume 5. Puslit. Elektronika dan Telekomunikasi LIPI. Bandung.
- Rosa, Erlyta S., Ismet, dan Shobih. (2009): **Modul Surya untuk Solar Home System (SHS)**. Jurnal Elektronika No.2 Volume 9. Puslit Elektronika dan Telekomunikasi LIPI. Bandung.
- Ruangchalerwong, C. (2004): **Optimal Design of Solar Cell Front Contact Grid**. Chulalongkorn University. Thailand.
- Serreze, H.B. (1978): **Optimizing Solar Cell Perfomance by Simultaneous Consideration of Grid Pattern Design and Interconnect Configuration**. Mobil Tyco Solar Energy Corporation.