

PROTOTIPE PANEL SURYA BERBAHAN BAKU LIMBAH TRANSISTOR 2N3055

PROTOTYPE SOLAR PANEL MADE FROM RAW WASTE 2N3055 TRANSISTOR

Yohandri Bow*¹, Zulkarnain¹, Nadia Putri Utami¹, M.Prasetyo Permadi¹

¹Jurusan Teknik Kimia Program Studi Sarjana Terapan Teknik Energi
Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang
E-mail : *yohandriBow@polsri.ac.id

Abstrak

Sebagai sumber daya alam yang melimpah, pemanfaatan energi matahari menjadi energi alternatif dapat dilakukan dengan Proses Konversi Energi matahari menjadi energi listrik (*solar cell*). Energi matahari masih belum banyak dimanfaatkan secara optimal dikarenakan harga panel surya yang masih mahal. *Solar cell* berkembang seiring dengan teknologi semikonduktor. Produk semikonduktor telah banyak bertaburan di perangkat alat – alat elektronika salah satunya yaitu transistor. Satu transistor dapat menghasilkan tegangan sekitar 0,4-0,6 volt. Perancangan alat *Prototype Power Suplay* dengan bahan utama transistor 2N3055 sebanyak 96 buah. Dari hasil penelitian dan pengolahan data, Komposisi transistor tipe 2N3055 berdasarkan uji analisa SEM -EDX terdiri dari unsur Aluminium (Al) 45,55%, Carbon (C) 32,40%, Nb (*Niobium*) 13,42%, Zr (*Zirconium*) 7,02%, dan O (*Oxygen*) 1,61%. Faktor yang mempengaruhi efisensi panel sel surya yaitu rangkaian transistor, temperatur, intensitas cahaya, dan sudut kemiringan panel.

Kata Kunci : Efisiensi, Intensitas, Temperatur, Sudut Kemiringan, Transistor, Solar Cell

Abstract

As the abundant natural resources, the utilization of solar energy into alternative energy can be done by Conversion Process Solar energy into solar energy. Solar energy is still not widely used optimally due to the price of solar panels are still expensive. Solar cells evolved along with semiconductor technology. Semiconductor products have been scattered in electronics devices one of them is a transistor. One transistor can produce a voltage of about 0.4-0.6 volts. The design of Prototype Power Supply tool with 2N3055 transistor main material of 96 pieces. From the results of research and data processing, 2N3055 type transistor composition based on SEM-EDX analysis test consist of Aluminum (Al) 45,55%, Carbon (C) 32,40%, Nb (Niobium) 13,42%, Zr (Zirconium) 7.02%, and O (Oxygen) 1.61%. Factors that affect the efficiency of solar cell panels are transistor series, temperature, light intensity, and panel slope angle.

Keywords: Efficiency, Intensity, Temperature, Tilt Angle, Transistor, Solar Cell

PENDAHULUAN

Pada saat ini, Industri teknologi berkembang dengan sangat pesat sehingga menyebabkan masyarakat menyadari pentingnya teknologi untuk memudahkan aktivitas mereka terutama dibidang informasi, komunikasi serta Pendidikan. Ketergantungan tersebutlah yang kemudian mendasari peningkatan produksi alat-alat elektronik. Bertambahnya produk-produk elektronik membuat teknologi sebelumnya akan ditinggalkan atau usang, sehingga akan menimbulkan limbah elektronik (*E-waste*).

Matahari bersinar di Indonesia per tahun berkisar 2.000 jam. Kemudian, menurut data dari Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi, kapasitas terpasang listrik tenaga surya di Indonesia baru mencapai 0,88 MW dari potensi yang tersedia 1,2 x 109 MW. Tetapi dalam pemanfaatannya, energi matahari masih belum banyak dimanfaatkan secara optimal dikarenakan harga panel surya yang masih mahal sehingga implementasi dilapangan kurang mendapat sambutan dari masyarakat.

Teknologi sel surya (*solar cell*) berkembang seiring dengan teknologi semikonduktor. Produk semikonduktor telah banyak bertaburan di perangkat – perangkat elektronika. Dan limbah produk elektronika inilah yang akan dimanfaatkan sebagai *solar cell* yaitu *Transistor type 2N3055*.

Ariswan (2011) melakukan penelitian yang berjudul “Prospek Penelitian Dan Aplikasi Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif Di Indonesia”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sel surya paling sederhana merupakan sambungan dua jenis semikonduktor type P dan N. Sambungan P-N dapat meningkatkan efisiensi konversi sel surya dapat dilakukan dengan memilih bahan dengan energi gap yang tepat atau dengan sistem tandem sehingga mampu menyerap sebagian besar spektrum energi surya.

Permasalahan utama dari panel sel surya adalah besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari serta suhu lingkungan di sekitarnya. Daya yang dihasilkan oleh panel sel surya berbanding lurus

dengan besarnya intensitas matahari yang diterima panel surya. Semakin besar intensitas matahari yang diterima oleh panel maka semakin besar daya yang dapat dihasilkan oleh panel sel surya tersebut. Besarnya intensitas matahari yang diterima oleh panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti letak astronomi lokasi pemasangan panel, gerak semu harian dan tahunan matahari serta cuaca/suhu lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Photovoltaic adalah bahan semikonduktor yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik. Jadi pada *photovoltaic* ini, bahan semikonduktor yang diproses sedemikian rupa sehingga apabila bahan tersebut terkena sinar matahari atau cahaya, maka akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah (DC). Photovoltaic ini juga sejenis dengan dioda yang tersusun atas PN *junction*. (Zuhail,1995)

Efisiensi dari panel dihitung adalah dengan membagi output daya sel (dalam watt) pada maksimum powerpoint (Pm) oleh cahaya masukan (E, dalam W / m²) dan luas permukaan sel surya (Ac di m²) (Rugianto, 2015).

$$\eta_{max}(\text{maximum efficiency}) = \frac{P_{max}(\text{maximum power output})}{(E_{S,Y}^{SW} (\text{incident radiation flux}) * A_c(\text{area of collector}))}$$

Pada umumnya suatu panel surya memiliki efisiensi hanya sekitar 20-30%, yang berarti secara mudahnya suatu panel surya hanya dapat mengkonversi sekitar 20% saja dari seluruh energi cahaya yang diterima oleh panel surya. Sedangkan sisanya dipantulkan kembali ke udara. Sehingga dalam kondisi standar, panel surya dengan luas 1 m² dapat menghasilkan energi sekitar 200 W/jam operasinya. Namun hal ini tidak begitu pasti juga, sebab untuk daerah dengan paparan sinar matahari yang cukup tinggi panel surya dapat menyerap lebih banyak energi bahkan hingga 3000 Watt/jam.

TRANSISTOR

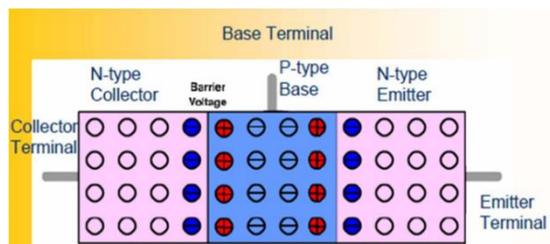
Transistor adalah komponen elektronik yang dibuat dari materi semikonduktor yang dapat mengatur tegangan dan arus yang mengalir melewatinya dan dapat berfungsi sebagai saklar elektronik dan gerbang elektronik. Bahan semikonduktor adalah bahan yang bersifat setengah konduktor karena celah energi yang dibentuk oleh struktur bahan ini lebih kecil dari celah energi bahan isolator tetapi lebih besar dari celah energi bahan konduktor, sehingga memungkinkan elektron berpindah dari satu atom penyusun ke atom penyusun lain dengan perlakuan tertentu terhadap bahan tersebut (pemberian tegangan, perubahan suhu dan

sebagainya). Oleh karena itu semikonduktor bisa bersifat setengah menghantar.

Transistor dapat digunakan pada:

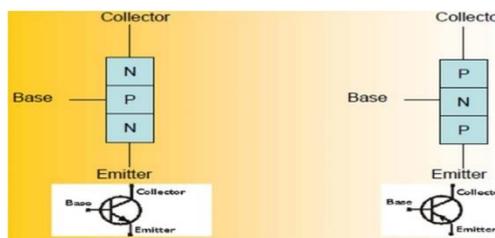
- Rangkaian Switching
- Rangkaian Penguat
- Rangkaian Osilasi
- Sensor

Transistor yang umum digunakan dinamakan Bipolar Junction Transistor (BJT) karena dirancang dari semi konduktor tipe N dan P yang dihubungkan melalui penghubung (*junction*). Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal, yaitu *Basis* (B), *Emitor* (E) dan *Colektor* (C). Tegangan yang di satu terminalnya misalnya *Emitor* dapat dipakai untuk mengatur arus dan tegangan yang lebih besar darin pada arus input *Basis*, yaitu pada keluaran tegangan dan arus output *Colektor*. Bagian – bagian transistor dapat dilihat pada gambar 1.berikut:



Gambar 1. Bagian bagian transistor (yelfianhar,2010)

Transistor memiliki dua buah tipe yaitu tipe NPN dan tipe PNP. Adapun kedua jenis tersebut dapat dilihat pada gambar 2. berikut:



Gambar 2. Tipe-tipe transistor (yelfianhar,2010)

KELISTRIKAN

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Arus membawa energi listrik melalui sebuah rangkaian. Tingkat ketika energi listrik menjadi hilang adalah daya pada rangkain itu. Daya dilambangkan dengan P dan satuannya watt. Karena satuan daya adalah watt dan satuan waktu adalah detik, maka satuan energi dalam bentuk wattdetik atau wattsecond (Ws), wathour (Wh) atau kiliwatthour (kWh).

Rumus untuk menentukan daya adalah : $P = \frac{W}{t}$

Rumus untuk menentukan energi : $W = P \cdot t$

Keterangan :

P = Daya (watt)
 t = Waktu (s)
 W = Energi (J)

Ketika arus mengalir melalui tahanan, tumbukan antara elektron dengan atom pada bahan tahanan menimbulkan panas. Ini menghasilkan kerugian energi. Energi yang berubah menjadi panas ini dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P = I^2 \cdot R \text{ atau } P = V \cdot I \text{ atau } P = V^2 / R$$

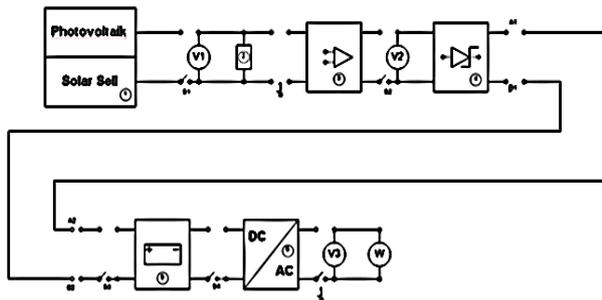
Keterangan :

P = Daya (W)
 I = Kuat arus (A)
 R = Tahanan (Ω)
 V= Tegangan (V)

METODOLOGI PENELITIAN

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Dalam penelitian eksperimental alat Panel Surya Berbahan Baku Limbah Transistor 2N3055, variabel penelitian yang akan diambil adalah variabel tak tetap yaitu terdiri dari temperatur permukaan sel surya, intensitas cahaya, waktu pengujian, dan sudut panel dan variabel tetap yakni lokasi dan ketinggian pemasangan panel.



Gambar 3. Blok diagram alur proses

Proses yang berlangsung pada blok diagram diatas adalah pertama sinar matahari yang ditangkap oleh photovoltaik (solar cell) akan menghasilkan tegangan (DC) yang proses selanjutnya tegangan akan disimpan pada AKI tetapi sebelum disimpan ke AKI tegangan harus dimurnikan terlebih dahulu menggunakan rangkaian jembatan dioda, karena tegangan dari panel masih mengandung tegangan (AC). Setelah dimurnikan tegangan (DC) akan dinaikan Volt nya menggunakan konverter karena minimal Volt yang bisa masuk ke AKI adalah 12 Volt. Setelah tegangan tersimpanan pada AKI harus diubah terlebih dahulu dari arus DC ke AC menggunakan Inverter sebelum bisa digunakan, dikarenakan alat-alat elektronik yang digunakan sehari-hari banyak menggunakan arus AC. Setelah

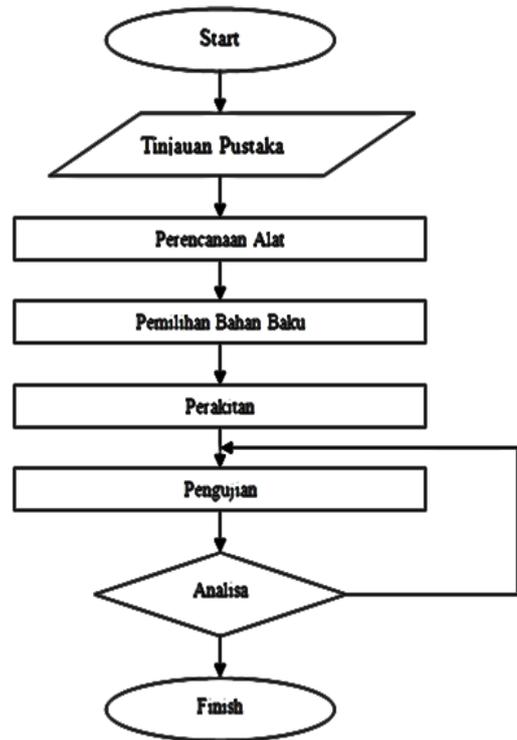
diubah ke arus AC listrik sudah bisa digunakan seperti pada panel kerja (Colokan listrik, USB, Lampu).

Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Meletakkan panel surya di lapangan terbuka
3. Menghubungkan panel surya ke panel kerja dengan kabel penghubung
4. Menghidupkan saklar di panel surya dan panel kerja
5. Menjemur panel surya selama satu jam sebelum pengambilan data
6. Mencatat hasil keluaran yang terdapat pada display arus dan tegangan
7. Pengambilan data selesai. Matikan saklar di panel surya dan panel kerja
8. Pengujian dilakukan pada jam 10 (Jam ke-1), 11 (Jam ke-2), 12 (Jam ke-3), 13 (Jam ke-4) dan 14 (Jam ke-5). Melakukan analisa kondisi optimum dari hasil yang didapat.

Berikut merupakan *flow chart* penelitian panel surya berbasis transistor 2N0355 :



Gambar 4. *flow chart* penelitian panel surya berbasis transistor 2N0355

PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa komposisi unsur yang pada *photo cell* transistor tipe 2N3055 adalah Al (*Aluminium*) dengan persentase 45,55%, C (*Carbon*) 32,40%, Nb (*Niobium*) 13,42%, Zr (*Zirconium*) 7,02%, O (*oxygen*) 1,61%. Unsur yang dominan pada transistor ini adalah aluminium dan karbon dimana aluminium merupakan penampang yang dapat menyerap panas dan karbon sebagai penyimpan tegangan.

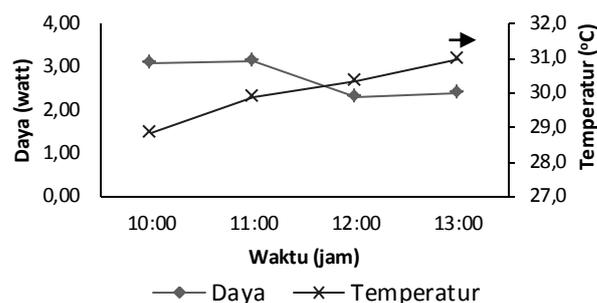
Pada sistem periodik *Aluminium* (Al) terdapat di golongan IIIA, aluminium sangat ringan, hampir seperempat berat tembaga, warnanya putih keperak-perakan, titik cair mencapai 657°C dan titik didinya kira-kira 1800°C . Untuk penghantar kemurnian aluminium tercapai 99,5% setengah persen yang lain terdiri dari unsur besi, silikon, tembaga, aluminium bekas yang di cairkan kembali biasanya mengandung seng juga.

Aluminium merupakan jenis material padatan logam yang memiliki konduktivitas termal $247 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ dan resistansi termal sebesar $0,78 \text{ W/m}^2$ pada suhu 30°C dimana konduktivitas termal menunjukkan kemampuan menghantar panas, sebaliknya konduktivitas listrik yang berkemampuan menghantarkan listrik memiliki konduktivitas listrik sebesar $3,8 \times 10^7 \Omega\cdot\text{m}$ serta resistivitas $2,75 \times 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$ (Struktur dan Sifat Material, 2011).

Dalam menghasilkan listrik, transistor tipe 2N3055 berbahan aluminium menggunakan prinsip efek peltier dimana dua logam yang berbeda ketika diberikan panas akan menghasilkan listrik. Energi matahari yang diberikan diserap fotosel transistor, elektron dan hole terkontak membuat perbedaan potensial yang mengakibatkan aliran elektron dan hole membentuk medan listrik. Foton dengan energi yang lebih rendah dari energi gap tidak akan berkontribusi pada keluaran sel. Energi yang lebih besar dari gap akan menghasilkan muatan listrik pada keluaran sel dan kelebihan energi akan menjadi panas.

Hubungan Temperatur Permukaan Sel Surya Terhadap Daya

Standard Test Condition (STC) adalah standar industri untuk menunjukkan kinerja modul PV. Menurut STC temperatur ideal panel sel surya bekerja pada temperatur standar 25°C sedangkan PTC (*PV USA Condition*) mewakili kehidupan yang lebih nyata, maksudnya ialah suhu sel surya di dalam panel diangkat ke suhu sel operasi normal yakni 45°C . Karena kondisi fisik sel surya yang mudah memanas maka seiring dengan meningkatnya suhu kinerja sel surya menurun. Di Indonesia kondisi temperatur rata-rata sebesar $25\text{-}35^{\circ}\text{C}$ sehingga mengakibatkan sel surya mengalami penurunan produksi atau daya setiap kenaikan temperature (Mark, 2015).



Dari data hasil penelitian yang didapat, maka dapat dilihat pada grafik hubungan temperatur sel surya terhadap daya yang dihasilkan pada Gambar 5.

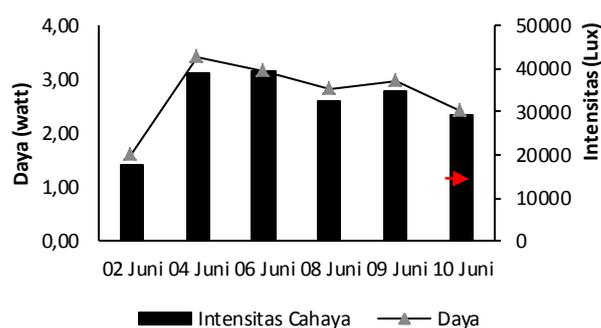
Gambar 5. Grafik hubungan temperatur permukaan sel surya terhadap daya yang dihasilkan

Pada Gambar 5. dapat diketahui pada jam 10.00-11.00 WIB dengan masing – masing temperatur $28\text{-}29^{\circ}\text{C}$ memiliki daya yang cukup besar yakni $3,08\text{-}3,13$ watt dibandingkan pada jam 12.00-13.00 WIB dengan temperatur $30,3\text{-}31^{\circ}\text{C}$ memiliki daya yang kecil $2,31\text{-}2,38$ watt. Dari hasil dua penelitian diatas membuktikan bahwa apabila sel surya memiliki temperatur diatas 25°C atau bekerja pada kondisi suhu normal maka setiap kenaikan suhunya akan mengakibatkan penurunan daya.

Hubungan Intensitas Matahari Terhadap Daya

Berdasarkan Data BMKG, selama tanggal pengujian di dapat rata – rata lama penyinaran matahari sebesar 67%. Matahari dapat dikatakan bersinar penuh kebumi apabila lama penyinaran mencapai rata – rata 60% (Tukidi, 2004).

Dari data hasil penelitian yang didapat, maka dapat dilihat pada grafik hubungan intensitas matahari terhadap daya yang dihasilkan pada Gambar



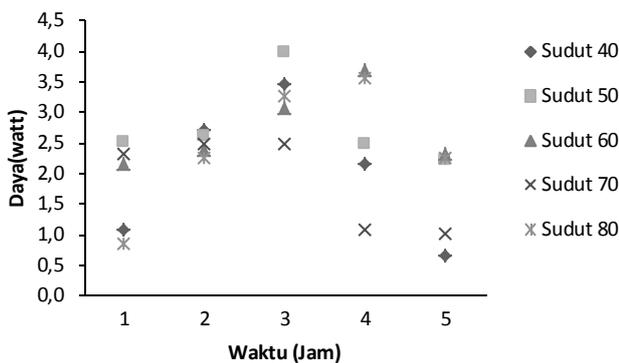
Gambar 6. Grafik hubungan intensitas matahari terhadap daya yang dihasilkan

Pada Gambar 6. dapat dilihat bahwa Jumlah daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah intensitas matahari. Semakin besar intensitas penyinaran matahari maka semakin tinggi juga daya yang dihasilkan (berbanding lurus), terbukti dari grafik hasil data pengujian terlihat antara intensitas dan daya yang dihasilkan berbanding lurus. Pada

Gambar 6. diatas dapat dilihat daya tertinggi terdapat pada tanggal 4 Juni 2017 yaitu 3,41 watt dengan intensitas 38379 Lux serta lama penyinaran matahari sebesar 67 %. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa panel surya berbasis transistor memiliki kemampuan yang kurang lebih sama dengan panel surya konvensional. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian dari Asy'ar pada tahun 2012 dengan data yang didapat intensitas 37000 Lux , dan daya yang dihasilkan 3,54 watt.

Hubungan Waktu Pengujian Terhadap Daya

Dari data hasil penelitian yang didapat, maka dapat dilihat pada grafik hubungan waktu pengujian terhadap daya yang dihasilkan pada Gambar 7.



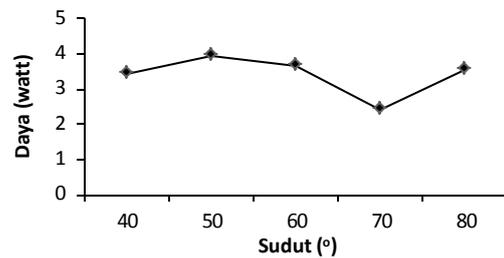
Gambar 7. Grafik hubungan waktu pengujian terhadap daya yang dihasilkan

Pada Gambar 7. menunjukkan bahwa bahwa panjang hari atau jarak dan lamanya antara matahari terbit dan matahari terbenam mempengaruhi daya keluaran panel surya. Daya keluaran panel surya yang dihasilkan rata-rata paling tinggi berada pada jam 12:00 baik itu sudut 40,50, dan 70, sedangkan pada sudut 60 dan 80 berada pada jam 13:00. Dan daya keluaran panel surya paling rendah berada pada jam 10:00 baik itu sudut 40, 50, 60, 70, dan 80. Hal ini dikarenakan apabila jumlah energi cahaya matahari yang diperoleh sel surya berkurang atau intensitas radiasinya rendah maka daya yang dihasilkan juga menurun dari awalnya paling tinggi 3,43 watt turun menjadi 1,75 watt.

Sudut 40 daya maksimal yang diperoleh pada jam 12:00 yakni 3,42 Watt, kemudian pada sudut 50 daya maksimal yang diperoleh pada jam 12:00 yakni sebesar 3,96 watt, dan pada sudut 70 daya maksimal yang diperoleh pada jam 12:00 yakni sebesar 2,44 Watt. Sedangkan pada sudut 60 daya maksimal yang diperoleh pada jam 13:00 yakni 3,66 Watt, dan pada sudut 80 diperoleh daya maksimal jam 13:00 yakni 3,54 Watt. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian panel surya yang dilakukan oleh Naibaho pada tahun 2016, menunjukkan bahwa panel surya memperoleh daya keluaran paling besar yakni 90,50 Watt pada jam 12:00.

Hubungan Sudut Kemiringan Terhadap Daya

Dari data hasil penelitian yang didapat, maka dapat dilihat pada grafik hubungan sudut kemiringan terhadap daya yang dihasilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan sudut kemiringan terhadap daya yang dihasilkan

Pada Gambar 8. dapat diketahui bahwa daya paling besar adalah pada sudut 50° yakni 3,96 Watt dan daya paling kecil adalah pada sudut 70° yakni 2,44 Watt. Hal ini disebabkan pada sudut 50 jumlah intensitas matahari yang jatuh pada area permukaan panel surya lebih banyak yakni 76,11 W/m² sehingga daya listrik yang dihasilkan akan lebih besar. Sedangkan pada sudut 70 jumlah intensitas matahari yang jatuh pada area permukaan panel surya lebih sedikit yakni 44,76W/m² sehingga daya listrik yang dihasilkan akan lebih kecil yaitu 2.44 watt.

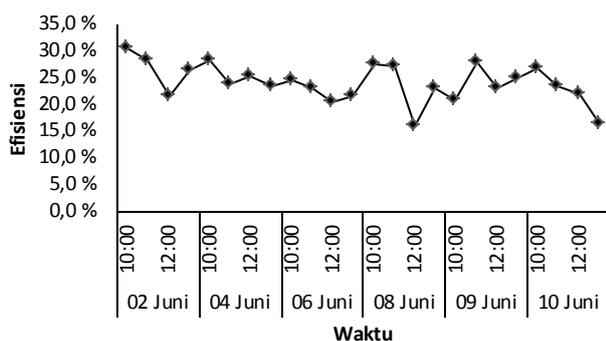
Jumlah intensitas matahari ini dipengaruhi oleh sudut datang matahari terhadap panel surya, dimana jumlah yang diterima berbanding lurus dengan besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi dikarenakan energinya tersebar pada permukaan yang luas. Selain itu juga dikarenakan sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang datang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus.

Secara actual pada sudut kemiringan 50 didapat sudut datang matahari sebesar 158°, dan pada sudut 70 didapat sudut datang matahari sebesar 148,78°. Namun, menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Naibaho pada tahun 2016, menunjukkan bahwa sudut kemiringan yang memperoleh daya maksimal yakni 90,50 Watt adalah pada sudut 10° dengan sudut datang matahari sebesar 0,56°.

Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah komposisi penyusun panel surya dan kondisi lingkungan pengambilan data, dimana pada beberapa kondisi panel tertutup awan, namun cuaca sangat panas, sehingga posisi panel kurang mendukung saat pengambilan data. Sinar yang melalui atmosfer sebagian akan diadsorpsi oleh gas-gas, debu-debu, dan uap air lalu dipantulkan kembali, dipancarkan, dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi.

Analisa Efisiensi Panel Surya

Dari data hasil penelitian yang didapat, maka dapat dilihat pada grafik analisa efisiensi panel surya pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik analisa efisiensi panel surya

Pada Gambar 9. diatas efisiensi paling rendah terdapat pada tanggal 8 Juni jam 12 yakni 16,0 % dan tertinggi pada tanggal 2 Juni jam 10 yaitu 30,6 % . Naik turunnya efisiensi panel sel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni bahan yang digunakan, temperatur sel surya, intensitas matahari, bayangan (*shading*) dan hambatan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya juga tidak selamanya stabil.

Hal ini dikarenakan produksi tegangan bergantung pada tingkat penyinaran matahari. Ketika dalam waktu ideal 10.00 – 13.00 WIB, dan suhu serta pergerakan awan mendukung, maka kinerja *solar cell* dapat maksimal. Namun pada saat pagi hari atau matahari tertutup awan, tegangan *solar cell* akan menurun.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan:

1. Komposisi transistor tipe 2N3055 berdasarkan uji analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray*) terdiri dari unsure Aluminium (Al) 45,55 %, Carbon (C) 32,40 %, Nb (*Niobium*) 13,42 %, Zr (*Zirconium*) 7,02 %, dan O (*Oxygen*) 1,61 %
2. Faktor yang mempengaruhi efisiensi panel sel surya atau performa dari panel surya yaitu suhu temperatur sel surya, intensitas cahaya, dan sudut kemiringan.
3. Pada percobaan temperatur yang diketahui pada jam 10.00 – 11.00 WIB dengan masing – masing temperatur 28°C - 29°C memiliki daya yang cukup besar yakni 3,08 – 3,13 watt dibandingkan pada jam 12.00 – 13.00 WIB dengan temperatur 30,3°C – 31°C memiliki daya yang kecil 2,31 – 2,38 watt.
4. Daya tertinggi selama pengujian yaitu pada tanggal 4 Juni dengan intensitas 38379 Lux serta lama penyinaran matahari sebesar 94 %. Hubungan intensitas penyinaran matahari terhadap kinerja sel surya atau daya yang dihasilkan ialah semakin besar intensitas penyinaran matahari maka semakin tinggi juga daya yang dihasilkan (berbanding lurus).

5. Hasil analisa terhadap efektivitas sudut kemiringan dengan sudut kemiringan 40°, 50°, 60°, 70° dan 80° disimpulkan bahwa sudut 50° menghasilkan daya keluaran yang maksimal yaitu sebesar 3.96 watt pada jam 12:00.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, K. H., A. C. Smith, dan R. L. Longini. 1964. *Introduction to Semiconductor Physics*. New York : John Wiley & Sons.
- Anon. *Grid Connected Renewable Energy : Solar Electric Technologies*. Diakses 16 April 2017.
- Asy'ari, Hasyim dan Angga Jatmiko. *Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Darwin, Sitompul. 1996. *Prinsip – prinsip Konversi Energi*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Dekker, A. J. 1959. *Electrical Engineering Material*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Deny, Septian. 2016. *Potensi Energi Tenaga Surya RI 10 Kali Lebih Besar dari Jerman*. Liputan6, 26 April 2016
- Djojonegoro, W. 1992. *Pengembangan dan penerapan energi baru dan terbarukan, Lokakarya "Bio Mature Unit" (BMU) untuk pengembangan masyarakat pedesaan*. BPPT : Jakarta.
- Joseph, Goldstein. 2003. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. ISBN 978-0-306-47292-3. Diakses 17 April 2017.
- Mark. 2015. *STC VS PTC : Why Solar Panel Testing Matters*. <http://newenglandcleanenergy.com/energymis er/2015/12/01/stc-vs-ptc-why-solar-panel-testing-matters/>. Diakses 24 April 2017
- Naibaho, Yehezkiel Mart. 2016. *Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Tipe Monocrystalline Terhadap Efisiensi Daya Keluaran Panel Surya*. Medan: universitas sumatera utara. Skripsi.
- Perlin, Jhon. 1999. *From Space to Earth (The Story of Solar Electricity)*. Hard University Press, ISBN 0-674-01013-2, p. 18 – 20; 29-30; 38; 147.
- Pudjanarsa, Astu dan Djati Nursuhud. 2013. *Mesin Konversi Energi*. 3rd ed. edited by S. Suyantoro. Yogyakarta : Penerbit Andi.

- Ramani, K.V. 1992. *Rural electnEcation and rural development*. Rural electrification guide book for Asia & Pacific. Bangkok.
- Rugianto. 2015. *Efisiensi Sel Surya*. Malang : Widyaiswara Madya PPPPTK
- Rusdianto, Eduard. 2002. *Penerapan Konsep Dasar Listrik dan Elektronika*. Kanisius : Yogyakarta.
- Stokes, Debbie J. 2008. *Principles and Practice of Variable Pressure Environmental Scanning Electron Microscopy (VP-ESEM)*. Chichester : John Wiley & Sons. ISBN 987-0470758748.
- Suryana, Deny dan M Marhaendra Ali. 2016. *Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristal (Studi Kasus : Baristand Industri Surabaya)*. Vol 2, no. 1 p. 49-52
- Tukidi. 2004. *Matahari*. Jakarta : Gramedia
- Yelfianhar, Ichwan. 2010. *Semikonduktor*. Online. (<https://iwan78.files.wordpress.com/2010/11/9semikonduktor.pdf>, diakses tanggal 20 Juli 2017)
- Yuliatmaja, Mochamad Reza. 2009. *Kajian Lama Penyinaran Matahari Dan Intensitas Radiasi Matahri Terhadap Pergerakan Semu Matahari Saat Solistice Di Semarang*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Yunus, Asyari D., 2011. *Struktur dan Sifat Material*. Jakarta : Universitas Darma Persada
- Zulfutrawijaya. 2017. *Pembuatan Solar Cell Menggunakan Transistor Jenis NPN Type 2N3055 untuk Menghasilkan Tegangan 12 Volt*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.