

Fabrikasi Panel Surya Berlapis Ekstraksi Pasta Gigi dengan *Sensitized Dye Klorofil* Daun serta Analisis Kapasitansi Listriknya

Mahendra Satria Hadiningrat^{1*}, Eggi Aunur Rofiq^{2*}

^{1,2}Pendidikan Fisika, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pasuruan, Indonesia

mahendra@itsnupasuruan.ac.id¹, eggier70@gmail.com²

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa seberapa besar kapasitansi listrik panel surya berlapis tabir surya/Titanium dioksida dan pasta gigi dengan menggunakan ekstraksi Daun. Prosedur penelitian dengan menggunakan dua kaca (masing-masing 8x8,5 cm) dibuat panel (12 Sel Surya → 24x34 cm), satu kaca (elektroda primer) dilapisi tabir surya dan pasta gigi sebagai kaca konduktif, ekstraksi daun, air jeruk nipis/ buah cerme dan Betadine (Iodine 10%) sebagai penghantar listrik serta kaca yang lain dilapisi grafit sebagai elektroda counter, kemudian diukur besar kapasitansinya. Variasi data yang digunakan yaitu ukuran panel dan lama penyinaran. Panel surya tersebut akan direncanakan diaplikasikan ke lampu 5-40 W dengan perantara Power Inverter 150 W, Solar Charge Controller dan Aki basah (12V, 5Ah). Besar kecil kapasitansi serta arus yang keluar dari panel surya bergantung pada ukuran panel dan lama penyinaran ke panel dan variasi tegangan aki basah, kemudian hasil penelitian ini memperoleh arus besar sehingga keluaran daya AC (lampu) terakomodasi sesuai kapasitas panel surya.

Kata kunci: *Dye; DSSC; Sel Surya.*

Abstract: For that goal, analyzed much of solar panel capacitance which is topped of Titanium dioxide and Paste with leaves extraction. The method used 2 paralel blocks (each of 8x8,5 centimeters) that made in panel (12 solar cell → 24x 34 centimeters), 1 block (as primary electrode) was being topped by Titanium dioxide dusts and paste as a conductive irons, leaves extractions, lemon water and betadine (such as povidone iodine included), that goes as in countered electrode, then its jump toward to get capacitance analized. Data variation could be used of depends on panel dimensions and lighting times. Solar panel which is planned into 5-40 Watt belonging inverter power 150 Watt, Solar Charge Controller and Acetic acid (12V, 5Ah). This accuracy of all, hopely that we got a much of Currency so its output for the power plant solar cell could be accommodated clearly for maintaining solar panel indeed.

Keywords: *Dye; DSSC; Solar Cell.*



Article History:

Received: 08-06-2020

Revised : 09-07-2020

Accepted: 09-07-2020

Online : 10-07-2020

This is an open access article under the CC-BY-SA license



Support by:  Crossref

A. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam nya. Salah satunya adalah banyaknya sumber daya minyak bumi dan batu bara yang merupakan sumber energi yang berasal dari sisa fosil hewan dan tumbuhan yang akan habis. Banyak usaha-usaha yang dilakukan manusia untuk mendapatkan energi alternatif telah banyak dilakukan untuk mengurangi pemakaian energi fosil yang terjadi sekarang adalah peningkatan pemakaian energi fosil seiring dengan banyaknya transportasi dan industri.

Dengan mengacu pada Undang-Undang Republik Indonesia No 30 Tahun 2007 tentang energi pasal 1 yang menyatakan bahwa sinar matahari adalah salah satu jenis energi yang terbarukan dan merupakan energi yang ramah lingkungan. (UU No. 30 Tahun 2007 Tentang Energi [JDIH BPK RI], n.d.) Indonesia sendiri, sebuah negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa, menerima panas matahari yang lebih banyak daripada negara lain, mempunyai potensial yang sangat besar untuk mengembangkan energi matahari sebagai alternatif batubara dan diesel sebagai pengganti bahan bakar fosil yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas. Berbagai instalasi sel surya telah banyak dipakai walaupun hanya pada beberapa golongan masyarakat mampu namun tidak menutup kemungkinan instalasi sel surya akan banyak kita jumpai di kemudian hari. (Matahari Sebagai Energi Masa Depan Yang Ramah Lingkungan – PLTS Supplier – Surya Energi Indotama, n.d.)

Sel surya juga dikenal sebagai sel fotovoltaik, dimana diberikan untuk perangkat penangkap energi. Sebuah sel surya menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik melalui efek fotovoltaik. Prinsip kerjanya adalah foton dari cahaya matahari menimpa ke sel surya dan diserap oleh beberapa jenis bahan semikonduktor. Elektron ini kemudian dibebaskan dari atom asalnya, dan kemudian bergerak bebas sebagai listrik. Dari sel surya, listrik ini kemudian melewati sebuah susunan yang lebih besar, di mana berubah menjadi arus listrik searah "direct current" (DC), yang kemudian dapat dikonversi menjadi arus bolak-balik "alternating current" (AC). Kebanyakan sel surya berbahan semikonduktor saat ini dibuat dari Silikon, Timah Oksida, Seng Oksida, Indium Oksida dan Alumina, meskipun zat lain sedang dicoba agar menjadi semikonduktor untuk membuat sel surya yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan. (Menengok Ladang Panel Surya Terbesar Di Indonesia - Kementerian ESDM Republik Indonesia, n.d.). Kelebihan menggunakan sel surya :

1. Merupakan energi yang terbarukan dan ramah lingkungan
2. Tidak memerlukan bahan bakar dalam menghasilkan energi listrik
3. Instalasi pemasangan dapat dilakukan dimana saja baik dataran tinggi maupun rendah
4. Lebih efisien dalam pemakaian listrik khususnya untuk listrik bagian penerangan lampu. (Bisakah Panel Surya Jadi Solusi Listrik Padam Sehari-hari? - Ekonomi Bisnis.Com, n.d.)

Energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan (*sustainable*) serta jumlahnya yang sangat besar. Saat ini total kebutuhan energi di seluruh dunia mencapai 10 Terra Watt (setara dengan 3×10^{20} Joule/ tahun) dan diprediksi jumlah ini akan terus meningkat hingga mencapai 30 Terra Watt pada tahun 2030. Sementara total energi matahari yang sampai di permukaan bumi adalah $2,6 \times 10^{24}$ Joule/ tahun. Sebagai perbandingan, energi yang bisa dikonversi melalui proses fotosintesis di seluruh permukaan bumi mencapai $2,8 \times 10^{21}$ Joule/ tahun. Jika kita lihat

jumlah energi yang dibutuhkan dan dibandingkan dengan energi matahari yang tiba di permukaan bumi, maka sebenarnya dengan menutup 0,05% luas permukaan bumi (total luas permukaan bumi adalah $5,1 \times 10^8 \text{ km}^2$) dengan sel surya yang memiliki efisiensi 20%, seluruh kebutuhan energi yang ada di bumi dapat terpenuhi. Kebutuhan yang meningkat terhadap energi juga pada kenyataannya bertolak-belakang dengan kebutuhan umat manusia untuk menciptakan lingkungan bersih dan bebas dari polusi. Berbagai argumentasi menuntut perlunya dikembangkan sumber energi alternatif yang dapat menjawab tantangan di atas tersebut. (Jamalullail et al., 2017)

Jika dibandingkan dengan pembangkit air yang dapat dipasang hanya pada daerah-daerah dengan aliran air tertentu. Dengan berbagai keunggulan ini maka tidak heran jika negara-negara maju berlomba mengembangkan sel surya ekonomis. Berbagai teknologi telah dikembangkan dalam proses pembuatan sel surya untuk menurunkan harga produksi agar lebih ekonomis. Jenis-jenis sel surya pun saat ini telah berkembang tidak hanya berbasis pada kristal semikonduktor silikon tetapi berbagai jenis tipe dari mulai lapisan tipis, organik, lapisan tunggal dan ganda hingga yang terbaru jenis *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan ekstraksi buah/ tumbuhan. (Susanti et al., 2014)

Tipe pertama yang berhasil dikembangkan adalah jenis wafer (berlapis) silikon kristal tunggal. Tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi. Masalah terbesar yang dihadapi dalam pengembangan silikon kristal tunggal untuk dapat diproduksi secara komersial adalah harga yang sangat tinggi sehingga membuat panel surya yang dihasilkan menjadi tidak efisien sebagai sumber energi alternatif. Sebagian besar silikon kristal tunggal komersial memiliki efisiensi pada kisaran 16-17%, bahkan sel surya silikon hasil produksi SunPower memiliki efisiensi hingga 20%. Bersama perusahaan "Shell Solar", SunPower menjadi perusahaan yang menguasai pasar silikon kristal tunggal untuk sel surya. Kedua jenis silikon wafer di atas dikenal sebagai generasi pertama dari sel surya yang memiliki ketebalan pada kisaran 180 hingga 240 mikrometer. Penelitian yang lebih dulu dan telah lama dilakukan oleh para peneliti menjadikan sel surya berbasis silikon ini telah menjadi teknologi yang berkembang dan banyak dikuasai oleh peneliti maupun dunia industri. (Carella et al., 2018)

Generasi kedua sel surya adalah tipe lapisan tipis (thin film). Ide pembuatan jenis sel surya lapisan tipis adalah untuk mengurangi biaya pembuatan solar sel mengingat tipe ini hanya menggunakan kurang dari 1% dari bahan baku silikon jika dibandingkan dengan bahan baku untuk tipe silikon wafer. Dengan penghematan yang tinggi pada bahan baku seperti itu membuat harga per KWH energi yang dibangkitkan menjadi bisa lebih murah (O'Regan & Grätzel, 1991).

Metode yang paling sering dipakai dalam pembuatan silikon jenis lapisan tipis ini adalah dengan PECVD dari gas silane dan hidrogen. Lapisan yang dibuat dengan metode ini menghasilkan silikon yang tidak memiliki arah orientasi kristal atau yang dikenal sebagai amorphous silikon (non kristal). Selain menggunakan material dari silikon, sel surya lapisan tipis juga dibuat dari bahan semikonduktor lainnya yang memiliki efisiensi tinggi seperti Cadmium Telluride (CdTe) dan Copper Indium Gallium Selenide (CIGS). Efisiensi tertinggi saat ini yang bisa dihasilkan oleh jenis sel surya lapisan tipis ini adalah sebesar 19,5% yang berasal dari CIGS. Keunggulan lainnya dengan menggunakan tipe lapisan tipis adalah semikonduktor

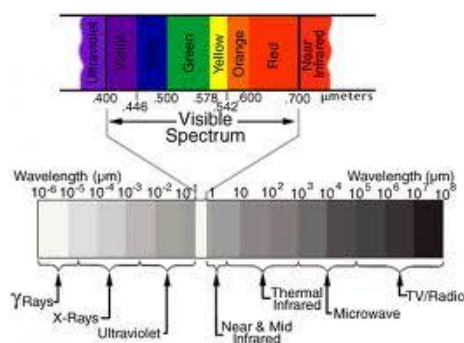
sebagai lapisan sel surya bisa dideposisi pada substrat yang lentur sehingga menghasilkan divais sel surya yang fleksibel. Kedua generasi dari sel surya ini masih mendominasi pasaran di seluruh dunia dengan silikon kristal tunggal dan multi kristal dimana memiliki lebih dari 84% sel surya yang ada di pasaran (Sharma et al., 2018).

Penelitian agar harga sel surya menjadi lebih murah selanjutnya memunculkan generasi ketiga dari jenis ini yaitu tipe sel surya polimer atau disebut juga dengan sel surya organik dan tipe sel surya foto-elektrokimia. Sel surya organik dibuat dari bahan semikonduktor organik seperti polyphenylene vinylene dan fullerene (Sawhney et al., 2017). Berbeda dengan tipe sel surya generasi pertama dan kedua yang menjadikan pembangkitan pasangan elektron dan hole dengan datangnya foton dari sinar matahari sebagai proses utamanya, pada sel surya generasi ketiga ini foton yang datang tidak harus menghasilkan pasangan muatan tersebut melainkan membangkitkan eksiton. Eksiton inilah yang kemudian berdifusi pada dua permukaan bahan konduktor (yang biasanya di rekatkan dengan organik semikonduktor berada di antara dua keping konduktor) untuk menghasilkan pasangan muatan dan akhirnya menghasilkan efek arus (photocurrent) (Chang et al., 2010).

Tipe sel surya generasi ketiga disebut juga sel surya foto-elektrokimia dimana jenis ini dilapisi partikel nano (biasanya Titanium Dioksida/ TiO_2) kemudian di endapkan dalam sebuah perendam (dye). Jenis ini pertama kali diperkenalkan oleh Profesor Michael Graetzel pada tahun 1991 sehingga jenis sel surya ini sering juga disebut dengan Graetzel sel atau Dye Sensitized Solar Cells (DSSC). Graetzel sel ini dilengkapi dengan *redox electrolyte* (berupa cairan) (Shalini et al., 2016).

Secara sederhana solar cell terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika tertimpa sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

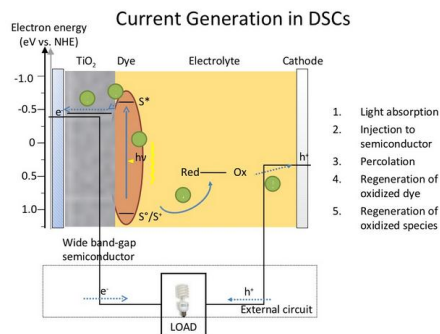
Bagian utama perubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah absorber (penyerap), meskipun demikian, masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik yang secara spektrum dapat dilihat pada *Gambar 2*. Oleh karena itu absorber disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin *solar radiation* yang berasal dari cahaya matahari.



Gambar 1. Spektrum Radiasi Matahari

Lebih detail lagi sinar matahari yang terdiri dari foton, jika menimpa permukaan bahan sel surya (absorber), akan diserap dan hanya foton dengan level energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga arus listrik mengalir. Level energi

tersebut disebut energi band-gap yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. Untuk membebaskan elektron dari ikatan kovalennya, energi foton (hc/λ) harus sedikit lebih besar atau diatas daripada energi band-gap. Jika energi foton terlalu besar dari energi band-gap, maka kelebihan energi tersebut akan diubah dalam bentuk panas pada sel surya (Gambar 3). (Hemmatzadeh & Mohammadi, 2013)



Gambar 2. Skema Kerja Energi Elektron pada Sel Surya

Lebih detail mengenai tipe generasi ketiga, Sel surya foto-elektrokimia adalah suatu reaksi yang melibatkan perubahan-perubahan kimia akibat pengaruh sinar. Fotokimia berkaitan erat dengan reaksi yang diawali oleh eksitasi elektron dari suatu molekul akibat serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Sinar monokromatis dengan panjang gelombang tertentu merupakan suatu energi foton. Sinar dengan panjang gelombang lebih pendek akan memiliki energi lebih besar.

Penyerapan energi sinar UV oleh suatu molekul dapat mengeksitasi elektron dalam molekul dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Molekul-molekul yang menyerap sinar bila energi foton yang diserapnya dengan perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi maka molekul dalam keadaan tereksitasi akan bersifat aktif dibandingkan dalam keadaan dasar.

Dalam fotokimia terdapat dua hukum dasar, menurut hukum I yang dikemukakan oleh Grothus (1817) dan Dropper (1843), dinyatakan bahwa perubahan fotokimia hanya dapat ditimbulkan pada cahaya yang diserap. Hukum II fotokimia diusulkan Stark dan Einstein (1908-1912), menyatakan bahwa molekul yang menyerap sinar akan mengalami eksitasi (tereksitasi). Salah satu keistimewaan reaksi fotokimia jika dibandingkan dengan reaksi kimia klasik, yaitu Reaksi dapat berlangsung pada temperatur rendah (Bachtiar et al., 2019).

Masalah yang akan diteliti :

1. Menganalisa seberapa besar kapasitansi listrik panel surya berlapis tabir surya dan pasta gigi dengan menggunakan ekstraksi daun.
2. Bagaimana memperoleh arus besar sehingga keluaran tegangan AC (lampu 5 - 40 Watt) terakomodasi sesuai kapasitas panel surya (array 3x4 / 12 Sel Surya → 24x34 cm).
3. Apakah ada pengaruh lama penyinaran (Matahari) ke panel surya (array 3x4 / 12 Sel Surya → 24x34 cm) terhadap perendam (dye) daun dan/ atau Iodine, air jeruk nipis serta bagaimana dengan keluaran arusnya.

4. Jika luasan panel surya diperbesar, apakah berpengaruh pada besar/ kecil kapasitansi listriknya.
5. Apakah luasan panel surya berpengaruh pada keluaran efisiensi (tingkat penyerapan).

Hal Baru yang diajukan terkait masalah :

1. Sebagai Penghantar/ Penyimpan Energi Listrik

Umumnya :

- Aki/ sel volta (H_2SO_4 / Asam Sulfat) – 12V, 5Ah
- Baterai (NH_4Cl / Amonium Chlorida, $CuSO_4$ / Tembaga Sulfat) – 1,5V

Alternatif/ Baru :

- Jeruk Nipis/ Lemon/ NaCl (Garam Dapur)/ CH_3COOH (Asam Asetat/ Cuka)
- Betadine (Povidone Iodine 10%)

2. Sebagai Lapisan Konduktif

Umumnya anorganik (kaca berlapis ITO/ Indium Tin Oxide, TCO/ Transparent Conductive Oxide) → High Cost :

Sebagai Elektroda Primer ;

- TiO_2 (Titanium Dioxide) atau $TiCl_4 + NH_4OH + \text{Air Destilasi}$
- GaO_2 (Galium Oxide/ Alumina Oksida)
- $InSnO_2$ (Indium Tin Oxide)
- SnO_2 (Tin Oxide/ Timah Oksida), $SnCl_2$ (Tin Chlorida)
- ZnO_2 (Zinc Oxide/ Seng Oksida)
- Platina

Sebagai Penghantar ;

- Iodine/ Iodide/ Redox Electrolyte
- Ruthenium, Ekstraksi Blueberry (Raspberry) (Dye)

Alternatif/ Baru (anorganik) → Low Cost :

Sebagai Elektroda Primer ;

- Tabir Surya (salah satu komposisinya → *anorganik* (*)CI77891/ ZnO / TiO_2)
- Pasta Gigi (salah satu komposisinya → *anorganik* (*)CI77891/ TiO_2)

Sebagai Elektroda Counter ;

- Serbuk Grafit (Pensil)
- Betadine (Povidone Iodine 10%) & Jeruk Nipis

Sebagai Dye ;

- Ekstraksi Daun

Keterangan :

(*) CI77891 → (kode produk) diaplikasikan ke Tabir Surya/ Lotion, Pasta Gigi,

- Bersifat Anorganik (tidak bisa diuraikan),
- Pigmen White 6 (PW 6) atau disebut Titanium Putih,
- Pigmen (zat warna) adalah zat yang dapat mengubah warna cahaya tampak sebagai akibat proses absorpsi selektif terhadap panjang gelombang pada kisaran tertentu,
- Intensitas Kecerahan dan Indeks Refraksinya sangat tinggi (jika prosentase pigmen besar, maka pigmen Titanium Putih didalam tabir surya/pasta gigi lebih putih),

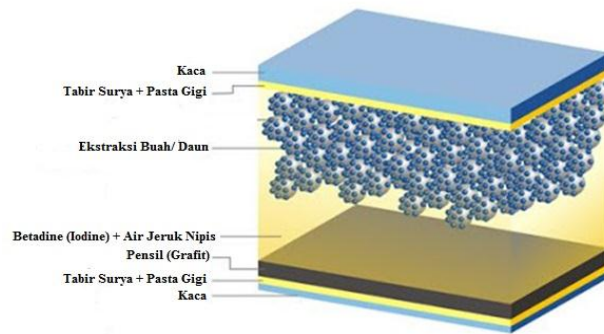
- Jika dideposisi sebagai lapisan tipis (thin film), maka indeks refraksi dan pigmennya (zat warna) memunculkan kapasitansi (muatan tersimpan) untuk kaca dielektrik (kaca ganda bermuatan),

Sebagai Fotokatalisator terhadap cahaya tampak (Merah, Jingga, Kuning, Hijau, Biru, Nila dan Ungu) – (Rencana Penelitian menggunakan ekstraksi Daun).

B. Metode Penelitian

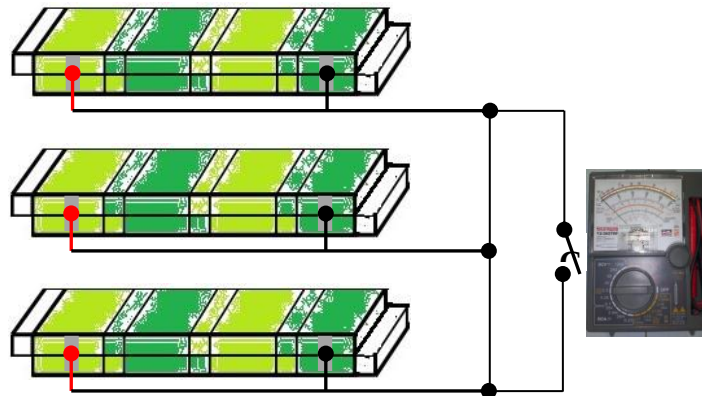
Metode yang dilakukan sebagai justifikasi terkait masalah:

1. Digunakan *Sel Surya generasi ketiga* yang pertama kali diperkenalkan oleh *Profesor Michael Graetzel*, dengan konsep *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*, yaitu pengaruh dari generasi pertama (bentuk wafer, dilapisi Silikon sebagai lapisan konduktif, perendam/dye Ruthenium sebagai penyerap panas matahari) namun untuk *Alternatif DSSC*, dilapisi *Tabir Surya dan Pasta Gigi sebagai lapisan konduktif*, perendam/ dye menggunakan *Ekstraksi Daun* sebagai penyerap panas matahari. (Zin et al., 2008)
2. Alat dan Bahan :
 - Kaca (8x8,5 cm)
 - Tabir Surya dan Pasta Gigi (*Salah satu komposisinya terdapat $Cl_{77891}/TiO_2/ZnO$*)
 - Alkohol 75%-95%
 - Betadine (Povidone Iodine 10%)
 - Bunsen
 - Mortar & Alu
 - Pipet
 - Pensil (Grafrit)
 - Kertas Saring
 - Roller (ex. thermometer)
 - Multimeter Analog/ Digital
 - Selotip, Klip Binder
 - Gelas Ukur
 - Ekstraksi Daun, air Jeruk Nipis/ NaCl (Garam Dapur)/ CH_3COOH (Cuka)
 - Aki Basah (12 V, 5 Ah)
 - Solar Charge Controller
 - Power Inverter (DC→AC) 150 W
 - Kabel (merah, hitam)
 - Timah + Solder
3. Prosedur/ Petunjuk Penelitian :
 - 1 Sel Surya



Gambar 3. Model Sel Surya Buatan

- Penelitian Panel Surya (12 Sel Surya) ada 2 Alternatif ;
- 1) Dideposisi Bentuk Wafer (ukuran 24x34 cm),
Aplikasi Substrat (Ekstraksi Daun),
Rangkaian Kabel,



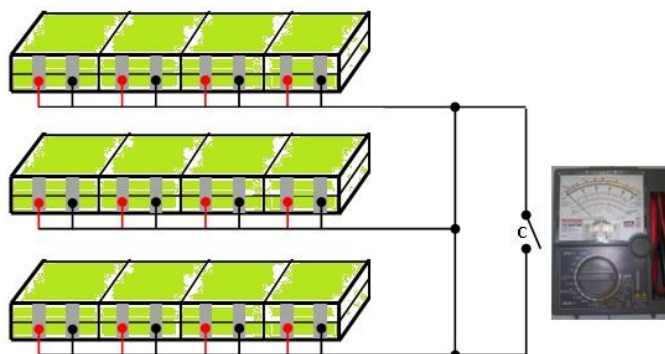
Gambar 4. Rangkain Kabel disposisi Bentuk Wafer

Keterangan gambar,

= Timah solder , = Kutub + , = Kutub - , = Kabel + -

C = Kapasitansi (μF)

- 2) Satu posisi Bentuk Wafer (ukuran 24x34 cm),
Aplikasi Substrat (Ekstraksi Daun),
Rangkaian Kabel,



Gambar 5. Rangkain Kabel Satu Posisi Bentuk Wafer

Keterangan gambar,

■ = Timah solder, ● = Kutub +, ○ = Kutub -, —● = Kabel + -

C = Kapasitansi (μF)

C. Temuan dan Pembahasan

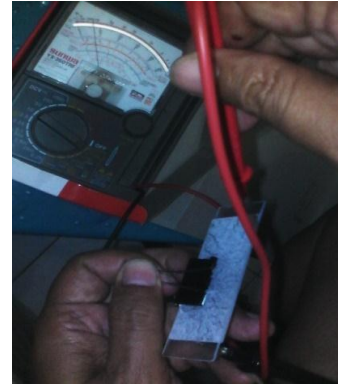
Progress Asumsi Data Awal (Sel Surya),



Gambar 5



Gambar 6



Gambar 7

Keterangan Gambar :

Gambar 5 : 2 Kaca (@ ukuran 2,5x7,5 cm) *dideposisi, diberi substrat*, diukur kapasitansinya dengan menggunakan multimeter analog, kabel positif dan negatif ditempel *di sisi ujung 2 kaca*. Kapasitansinya lemah.

Gambar 6 : 2 Kaca (@ ukuran 2,5x7,5 cm) *dideposisi, diberi substrat*, diukur kapasitansinya dengan menggunakan multimeter analog, kabel positif dan negatif ditempel *di atas ujung 2 kaca (sedikit jauh dari deposisi substrat)*. Kapasitansinya lemah.

Gambar 7 : 2 Kaca (@ ukuran 2,5x7,5 cm) *dideposisi, diberi substrat*, diukur kapasitansinya dengan menggunakan multimeter analog, kabel positif dan negatif ditempel *di atas ujung 2 kaca (dekat dari deposisi substrat)*. Kapasitansinya ada.

Catatan :

Dari keterangan Gambar C.3 – C.7, Progress Asumsi Data Awal menunjukkan, jika serat kabel disolder dekat deposisi substrat/ di atas substrat/ di sisi (tepi) kaca (wafer) dekat substrat maka kapasitansinya besar (Gambar C.3, C.4, C.6), dan sebaliknya, jika serat kabel disolder sedikit jauh/ di sisi ujung kaca dari deposisi substrat maka kapasitansinya kecil (Gambar C.5, C.7).

Kesimpulan dari Keterangan Gambar 1 – 7 (Acuan untuk rencana percobaan selanjutnya)

Dikarenakan tujuan utama penelitian menganalisa besar kapasitansi panel surya, dapat disimpulkan dari keterangan Gambar C.1 – C.7, untuk rencana percobaan selanjutnya, agar diperoleh kapasitansi yang besar sesuai kapasitas panel surya serta lama penyinaran terhadap pemilihan perendam/ dye ekstraksi daun, maka rangkaian set serat kabel dan timah solder diletakkan di sisi (tepi) kaca (bentuk wafer) terdeposisi/ seposisi dekat substrat (lebih efisien) – (sesuai Gambar C.3, C.4).

Pengukuran Kapasitansi (C dengan satuan μF) menggunakan Multimeter Analog.

$$C = \frac{\text{skala terukur}}{\text{skala maksimum}} \times C_{maks}$$

Set Rangkaian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) (Panel Surya, Solar Charge Controller, Aki Basah (12 V, 5 Ah), Power Inverter 150 W dan Lampu 5 - 40 W)

D. Simpulan dan Saran

Penelitian panel surya dihubungkan dengan Solar Charge Controller, Aki, Power Inverter dan lampu, diharapkan kapasitansi listrik panel surya terakomodasi sesuai luasannya, tegangan Aki yang digunakan dan pemakaian (keluaran AC) lampu 5 - 40 Watt. Besar/ kecil kapasitansi (muatan tersimpan) di panel surya bergantung pada luasan panel surya, intensitas sinar matahari, alternatif perendam (dye-Ekstraksi Daun), dan alternatif rekayasa bahan semikonduktor (Tabir Surya dan Pasta Gigi) sebagai lapisan konduktifnya.

Ucapan Terima Kasih

Diucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini terutama kepada para Pimpinan dan dosen pada mata kuliah bidang Instrumentasi Optik dan Laser di Program Studi Pendidikan Fisika Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pasuruan yang telah memberikan saran dan tambahan dalam penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Bachtar, M., Agustina, M., Hariyani, L., & Nurosyid, F. (2019). Effect of dye variation on DSSC efficiency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1153, 12097. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012097>
- Bisakah Panel Surya Jadi Solusi Listrik Padam Sehari-hari? - *Ekonomi Bisnis.com*. (n.d.). Retrieved May 5, 2020, from <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190805/44/1132800/bisakah-panel-surya-jadi-solusi-listrik-padam-seharian->
- Carella, A., Borbone, F., & Centore, R. (2018). Research Progress on Photosensitizers for DSSC. In *Frontiers in Chemistry* (Vol. 6, p. 481). <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fchem.2018.00481>
- Chang, H., Wu, H. M., Chen, T. L., Huang, K. D., Jwo, C. S., & Lo, Y. J. (2010). Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from spinach and ipomoea. *Journal of Alloys and Compounds*, 495(2), 606–610. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.10.057>
- Ghann, W., Kang, H., Sheikh, T., Yadav, S., Chavez-Gil, T., Nesbitt, F., & Uddin, J. (2017). Fabrication, Optimization and Characterization of Natural Dye Sensitized Solar Cell. *Scientific Reports*, 7(1), 41470. <https://doi.org/10.1038/srep41470>
- Hemmatzadeh, R., & Mohammadi, A. (2013). Improving optical absorptivity of natural dyes for fabrication of efficient dye-sensitized solar cells. *Journal of Theoretical and Applied Physics*, 7(1), 57. <https://doi.org/10.1186/2251-7235-7-57>
- Jamalullail, N., Mohamad, I. S., Norizan, M. N., Baharum, N. A., & Mahmed, N. (2017). Short review: Natural pigments photosensitizer for dye-sensitized solar cell (DSSC). *2017 IEEE 15th Student Conference on Research and Development (SCORED)*, 344–349. <https://doi.org/10.1109/SCORED.2017.8305367>
- Matahari Sebagai Energi Masa Depan yang Ramah Lingkungan – PLTS Supplier – Surya Energi Indotama. (n.d.). Retrieved May 5, 2020, from <https://suryaenergi.com/matahari-sebagai-energi-masa-depan-yang-ramah-lingkungan/>
- Menengok Ladang Panel Surya Terbesar di Indonesia - Kementerian ESDM Republik Indonesia. (n.d.). Retrieved May 5, 2020, from <http://ebtke.esdm.go.id/post/2020/03/13/2508/menengok.ladang.panel.surya.terbesar.di.indone>

sia

- O'Regan, B., & Grätzel, M. (1991). A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. *Nature*, 353(6346), 737–740. <https://doi.org/10.1038/353737a0>
- Sawhney, N., Raghav, A., & Satapathi, S. (2017). Utilization of Naturally Occurring Dyes as Sensitizers in Dye Sensitized Solar Cells. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 7(2), 539–544. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2016.2639343>
- Shalini, S., Balasundaraprabhu, R., Kumar, T. S., Prabavathy, N., Senthilarasu, S., & Prasanna, S. (2016). Status and outlook of sensitizers/dyes used in dye sensitized solar cells (DSSC): a review. *International Journal of Energy Research*, 40(10), 1303–1320. <https://doi.org/10.1002/er.3538>
- Sharma, K., Sharma, V., & Sharma, S. S. (2018). Dye-Sensitized Solar Cells: Fundamentals and Current Status. *Nanoscale Research Letters*, 13(1), 381. <https://doi.org/10.1186/s11671-018-2760-6>
- Susanti, D., Nafi, M., Purwaningsih, H., Fajarin, R., & Kusuma, G. E. (2014). The Preparation of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) from TiO₂ and Tamarillo Extract. *Procedia Chemistry*, 9, 3–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.002>
- UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi [JDIH BPK RI]. (n.d.). Retrieved May 5, 2020, from <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/39928/uu-no-30-tahun-2007>
- Zin, N. S., Blakers, A., Franklin, E., & Everett, V. (2008). Design, characterization and fabrication of silicon solar cells for >>50% efficient 6-junction tandem solar cells. *2008 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/PVSC.2008.4922451>